

VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

FAKULTA STROJNÍ

Katedra mechanické technologie - 345

**Monitorování efektivnosti výrobního zařízení
s automatickým přenosem a vyhodnocováním dat**

**The Monitoring of Overall Equipment Effectiveness with
Automatic Transfer And Data Evaluations**

Student:

Bc. Radoslav Delinčák

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

Ostrava 2010

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Radoslav Delinčák**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie

Téma: Monitorování efektivnosti výrobního zařízení s automatickým přenosem
a vyhodnocováním dat
The Monitoring of Overall Equipment Effectiveness with Automatic
Transfer and Data Evaluations

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.
2. Analýza současného stavu z hlediska organizačního, sortimentu, stávající technologie, efektivity výrobního procesu.
3. Vyhodnocení analýzy, specifikace požadavků na výrobek, výrobní proces, identifikace problémů.
4. Vlastní návrh řešení.
5. Celkové zhodnocení přínosu práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32s.
- PETRUŽELKA, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, 2007, poslední aktualizace 30. 6. 2009 [cit. 2009-10-19]. Dostupný z www: <URL: <http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/Jak%20psát%20cerven%202009.pdf>>.
- BASL, J., TŮMA, M., GLASL, V. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: ZÚ v Plzni, 2002. 140 s. ISBN 80-7082-936-2.
- HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. 3. vyd. Brno: CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- VIGNER, M., ZELENKA, A., KRÁL, M. *Metodika projektování výrobních procesů*. Vyd. 1. Praha: SNTL, 1984. 588 s.
- TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: Grada Publishing spol. s r.o. 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1.
- ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení. Cvičení II*. Vyd. 1. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-248-0962-1.
- PLURA, J. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. 1.vyd. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**


Konzultant diplomové práce: Ing. Ivan Širocký

Datum zadání: 18.12.2009

Datum odevzdání: 21.05.2010




prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Miestoprísasžné prehlásenie študenta

Prehlasujem, že som celú diplomovú prácu vrátane príloh vypracoval samostatne pod vedením vedúcej diplomovej práce a uviedol som všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave.....14. 5. 2010

.....Delincák

podpis študenta

Prehlasujem, že

- bol som oboznámený s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č. 121/2000 Zb., autorský zákon, hlavne § 35 – použitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a použitia diela školského a § 60 – školské dielo.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (ďalej len „VŠB – TUO“) má právo bezplatne k svojej vnútornej potrebe diplomovú prácu použiť (§ 35 odst. 3).
- súhlasím s tým, že diplomová práca bude v elektronickej podobe uložená v Ústrednej knižnici VŠB – TUO k nahliadnutiu a jeden výtlačok bude uložený u vedúceho diplomovej práce. Súhlasím s tým, že údaje o kvalifikačnej práci, obsiahnuté v Zázname o záverečnej práci, umiestnenej v prílohe mojej kvalifikačnej práci, budú zverejnené v informačnom systéme VŠB – TUO.
- bolo vyjednané, že s VŠB – TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzavriem licenčnú zmluvu s oprávnením použitia diela v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bolo vyjednané, že použiť svoje dielo – diplomovú prácu alebo poskytnúť licenciu k inému využitiu môžem len so súhlasom VŠB – TUO, ktorá je oprávnená v takomto prípade odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- Beriem na vedomie, že odovzdaním svojej práce súhlasím so zverejnením svojej práce podľa zákona č. 111/1998 Zb., o vysokých školách a o zmene a doplnení ďalších zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave, 14. 5. 2010

Radoslav Delinčák

podpis

Meno a priezvisko autora práce: Radoslav Delinčák

Adresa trvalého bydliska autora práce: Komenského 134/8, 022 04 Čadca, Sk

ANOTÁCIA DIPLOMOVEJ PRÁCE

DELINČÁK, R. *Monitorování efektivity výrobního zařízení s automatickým přenosem a vyhodnocováním dat: diplomová práce.* Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2010, 65 s. Vedúca práce: Šajdlerová, I.

Diplomová práca sa zameriava na monitorovanie výrobného zariadenia a automatické získavanie dát na montážnej linke 539/542/561/568. Na tejto linke sa montujú rôzne druhy senzorov tzv. (BOMy), ako sú: BOM 6806, BOM 6803 - 539, BOM 6814 – 542, BOM 6867 – 561, BOM 07357 - 568. Diplomová práca sa zaoberá problematikou odstránenia OEE formulárov u montážnej linky 539/542/561/568 a ich nahradením elektronickým zápisom priamo na montážnej linke, čím sa dosiahne odstránenie ručne prepisovaných informácií a eliminácii technických, organizačných a auditných chýb.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

DELINČÁK, R. *Monitoring of Overall Effectiveness of Equipment with Automatic Transfer and Data Evaluation: Master thesis.* Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2010, 65 s. Thesis head: Šajdlerová, I.

The Master thesis is aimed at monitoring the production equipment and automatic data acquisition on the assembly line 539/542/561/568. This line assembles various types of sensors (BOMs): 6806 and 6803 BOMs (539), BOM 6814 (542), BOM 6867 (561), BOM 07357 (568). The Master thesis deals with the removal of the manually-filled OEE forms for 539/542/561/568 assembly line, and their replacement with electronic data acquisition directly on the assembly line, thereby achieving the removal of manual information transfer, and the elimination of technical, organizational and audit errors.

Obsah

strana

Zoznam použitých výrazov a skratiek	9
Úvod	10
1 História a popis spoločnosti CTS Corporation	
a CTS Czech Republic s.r.o.	12
1.1 Založenie a história spoločnosti CTS Corporation	12
1.1.1 Ranné počiatky CTS Corporation 1896 – 1920	12
1.1.2 Služby komerčným a armádnym trhom 1920 – 1980	13
1.1.3 Expanzia prináša výzvy: 80-te roky	14
1.1.4 Preorientovanie sa spoločnosti CTS v 90-tych rokoch	14
1.1.5 Preberanie vedenia na trhu bezdrôtových prístrojov	
koncom 90-tych rokov	15
1.2 Organizačné členenie spoločnosti CTS Corporation	16
1.3 Založenie a začlenenie spoločnosti	
CTS Czech Republic s.r.o.	19
1.3.1 Organizačná štruktúra CTS Czech Republic s.r.o.	20
1.3.2 Procesná štruktúra CTS Czech Republic s.r.o.	21
1.3.3 Produkty firmy CTS v Ostrave	21
1.3.4 Popis senzoru na sledovanej linke 539/542/561/568	22
2 Všeobecná charakteristika riešenej problematiky	24
2.1 Základné pojmy	24
3 Analýza súčasného stavu technológie	32
3.1 Popis montážnej linky 4v1	32
3.1.1 Súčasný hardwarový stav linky 4v1	34
3.1.2 Súčasný softwarový stav na linke 4v1	36
3.1.3 Súčasný stav spracovávania OEE	37
4 Vyhodnotenie analýzy a identifikácia problémov	41
5 Vlastný návrh na odstránenie OEE formulárov	42
5.1 Návrhy na zmeny v hardware linky 4v1	42
5.2 Softwar na zaznamenávanie prestojov	44

5.3	Návrh na sledovanie OEE na montážnej linke 4v1	48
5.3.1	Prepojenie PC s PLC počítačom a vznik výstupných operátorských obrazoviek v programe Promotic	49
5.3.2	Vlastná vizualizácia OEE	51
6	Zhodnotenie vlastného návrhu	58
	Záver	60
	Zoznam použitej literatúra	61
	Zoznam príloh	64

Zoznam použitých výrazov a skratiek

BOM	Bill Of Materials
CPPČ	celkový pracovný plánovaný čas
CPU	Central Processing Unit Procesor (základná jednotka)
DDE/OPC	Dynamic Data Exchange / Ole for Process Control (konvertor dát)
DF1	komunikačný protokol
ECU	Electronic Control Unit (elektronická riadiaca jednotka)
EGR	Exhaust Gas Recirculation (recirkulácia obehových plynov)
Input	karta, ktorá posiela vstupné signály z linky (čidiel) do CPU
Output	karta, ktorá posiela výstupné signály, ktoré vyhodnotilo CPU
LL	Lean – Layout – dispozičné riešenie pracoviska
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Celková efektívnosť zariadenia)
OEM	Original Equipment Manufacturer (Obchodný termín pre výrobcu zariadení, využívajúci diely od iných výrobcov)
OS	operačný systém
PC	Personal Computer (stolný počítač)
PLC	Programmable Logic Controller (programovateľný logický automat)
RLB	Run – Leeght encoded version B (potenciometer – 3D bit mapa)
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition) (vizualizačné systémy)
tp	plánovaný výrobný čas 1ks
VBScript	Visual Basic Script – názov programovacieho jazyka
VOO	výstupná operátorská obrazovka
4v1	označenie linky 539/542/561/568
539/542/561/568	označenie montážnej linky

Úvod

Diplomová práca sa zameriava na monitorovanie efektívnosti výrobného zariadenia s automatickým prenosom a vyhodnocovaním dát.

Trvalou úlohou podnikateľských subjektov je zabezpečovať výrobu a služby, a tým na jednej strane zvyšovanie životnej úrovne na zemi a na strane druhej dosahovanie dobrého hospodárskeho výsledku, rozvoja podniku a uspokojovania vlastných potrieb.

Výrobný proces ako samostatný sa musí uskutočniť plánovito, hlavne s ohľadom na ekonomický princíp úspory a využitia zdrojov, ako súčasť integrovaného systému riadenia podniku. Avšak priemysel a jednotlivé výrobné podniky sú v dnešnej dobe pod veľkým tlakom. Sú nútené neustále znižovať výrobné náklady, a tým hľadať nové riešenia, ako zefektívniť výrobný proces, čiže optimalizovať výrobné procesy a iným spôsobom zvyšovať ich produktivitu. Dochádza k neustálemu zvyšovaniu požiadaviek na využívanie strojov, ľudí, materiálu, čo má za následok, že sa kladú aj väčšie nároky na výrobných manažérov z pohľadu riadenia a plánovania výroby. Najdôležitejším faktorom, ktorý ovplyvňuje správnosť riadenia a plánovania výroby, sú správne informácie, ktoré sa dostávajú včas na konkrétne miesta, aby sa mohli uskutočniť potrebné kroky. Na to sa práve zameriava operatívne riadenie, v ktorom ide o súhrn činností rozhodujúcich o ďalšom vývoji výrobných úloh a zabezpečujúcich rozpis úloh výrobo-hospodárskych jednotiek a podnikov na ich jednotlivé výrobné jednotky (závody, prevádzky, dielne a pracoviská), vrátane časového priebehu výroby, postupnú včasnú konkretizáciu úloh a materiálovo-technické zabezpečenie. V operatívnom plánovaní berieme do úvahy plánovanie zákazkového odbytu, operatívne plánovanie zásobovania a operatívne plánovanie výroby.

Je samozrejmé, že v každom výrobnom procese vznikajú straty, ktoré neumožňujú dosiahnutie maximálneho teoretického výkonu výroby. Veľmi veľa záleží aj na správaní výrobných manažérov a rovnako aj na správaní obslužných operátorov výrobných liniek, ktorým sa podarí čo najviac znižovať výskyt chýb. Všetky straty sa nedajú odstrániť, ale väčšina z nich sa dá eliminovať rôznymi opatreniami.

Jednou z možností znižovania chýb na pracovisku je tzv. Lean Manufacturing (štíhla výroba). Je to prístup, ktorý využíva osvedčené prostriedky identifikácie a odstraňovania plytvania.

Cieľom je neustále zlepšovanie a zdokonaľovanie procesov a činností potrebných a súvisiacich s výrobou produktov.

Pri eliminovaní strát sa veľký dôraz musí klásť aj na finančnú stránku. Nie je možné odstraňovať úzke miesta vo výrobe veľmi nákladnými operáciami, alebo zariadeniami. Musí sa správne zvoliť s ohľadom na návratnosť vložennej investície, zvýšenie režijných nákladov, a aký by to malo celkový prejav na výslednom výrobku. Preto pri výrobe je potrebné sledovať aj ukazovatele, ako sú: dostupnosť zariadenia pre výrobu (availability), výkonnosť zariadenia (performance), kvalita výroby na zariadení (quality).

Úspech budú sláviť tie firmy, ktoré sa ako prvé vysporiadajú s novými trendmi a medzi prvými si osvoja nové podmienky. V najbližšom období bude najdôležitejšie to, ako budú podniky schopné pružne reagovať na vývoj na trhu, čo znamená, že musí byť podnik schopný konkurovať okrem podnikov v okolí, aj podnikom na medzinárodnej scéne (hlavne Ázia).

Cieľom diplomovej práce je prispieť spoločnosti CTS Czech Republic, s.r.o. k zefektívneniu sledovania a automatického zberu dát na montážnych linkách z dôvodu rýchlej dostupnosti a presnosti dát, s ktorými sa ďalej pracuje.

1 História a popis spoločnosti CTS Corporation a CTS Czech Republic s.r.o.

1.1 Založenie a história spoločnosti CTS Corporation

Spoločnosť CTS Corporation (ďalej už len CTS) sa zapodievala výrobou telefónov a rozvádzačov a vydávaním certifikátov. Tieto výrobky boli predávané telefónnym spoločnostiam, alebo konečným spotrebiteľom. CTS si získala povesť vďaka kvalite a spoľahlivosti svojich výrobkov. CTS je popredný výrobca elektronických súčiastok a zostáv. Spoločnosť smeruje k uspokojeniu dopytu v oblasti komunikačného, počítačového a medzi ostatnými aj automobilového trhu. V roku 1902 sa spoločnosť CTS presťahovala do Elkhartu, štát Indiana.

V rokoch 1920 - 1930 začal narastajúci odbyt po rádiách, čo inšpirovalo CTS dodávať a vyvíjať rádiové komponenty na nové odpory, ktoré znižujú náklady na rádiá. Počas druhej svetovej vojny CTS vyvinula špeciálny potenciometer pre radarové jednotky, čo po prvý krát umožnilo spojencom prevádzať nočné bombardovanie, čo malo za následok skrátenie vojny.

V 70-tych rokoch vláda Spojených štátov určila štandardy pre kontrolu emisií automobilov, CTS vyvinula snímače na pozície na plynové pedále a ďalšie snímače pre automobily.

Prednedávnom sa CTS, získaním obchodu bezdrôtových komponentov s firmou Motorola v roku 1999, premenila a stala vedúcim dodávateľom elektronických súčiastok pre bezdrôtové telefóny a ďalšie bezdrôtové zariadenia. [S₁]

1.1.1 Ranné počiatky CTS Corporation, 1896 – 1920

Spoločnosť CTS Corporation bola založená v Chicagu v roku 1896 A. J. Briggsom a jeho synom Georgom ako Chicago Telephone Supply Company. Bola založená na výrobu telefónov a telefónnych ústrední na základe manažmentu.

Ktoré boli predávané telefónnym spoločnostiam, ako aj koncovým zákazníkom. Spoločnosť CTS mala rýchly rast, a preto sa v roku 1902 presťahovala do mesta Elkhart v Indiane, kde mala väčšie priestory pre svoju výrobu, ktorú im darovalo práve mesto Elkhart za pracovné miesta a mzdy pre zamestnancov, ktoré spoločnosť svojím príchodom vytvorila. CTS tu ďalších osemnásť rokov vyrábala 175 tisíc telefónov a stovky telefónnych ústrední. [S₁]

1.1.2 Služby komerčným a armádnym trhom, 1920 – 1980

V 20-tych rokoch 20. storočia sa CTS pretransformovalo od telefónov k rádiám. Trh rádiových komunikácií sa rozvíjal počiatkom 20-tych rokov. V roku 1922 tvorili v CTS polovicu predajov súčiastky rádii zahrňujúcich konektory, zástrčky, slúchadlá, prepínače antén a reostaty pre domáce rádiové prijímače. Počas 30-tych rokov sa CTS vyvinula z výrobcu kompletných výrobkov na výrobcu súčiastok. Počas veľkej hospodárskej krízy vyvinula CTS menej nákladný stály rezistor na báze uhlíka, ktorý mohol znížiť ceny rádii. Premenné rezistorové ovládače sa stali v CTS základným kameňom podnikania na ďalších 50 rokov. Od roku 1941 bola spoločnosť CTS najväčším výrobcom premenlivých rezistorov na svete. Počas druhej svetovej vojny spoločnosť CTS zásobovala americkú armádu poľnými svetlami. V období vojny vyvinula spoločnosť CTS RLB (Run – Leeght Encoded Version B), presný potenciometer pre radarové jednotky, ktorý umožňoval nočné bombardovanie. V období mieru bolo RLB využívané pri bezpečnosti letovej prevádzky, predpovedania počasia, či lekárskej diagnóze.

V 40-tych a 50-tych rokoch bolo pokračovanie vo vývoji technológií a výrobkov potrebných pre trh rádii a rastúceho trhu televízorov. Rast televíznych prijímačov v USA v rokoch 1946 – 1950 bol zo 6000 na 7,5 milióna. Spoločnosť taktiež poskytovala technológie a výrobky pre komerčné, ale aj armádne využitie. V roku 1958 inžinieri CTS vyvinuli Cermet, čo bol stabilnejší rezistorový prvok, ktorý uspokojil dopyt po miniaturizácii výrobkov pre armádne použitie.

V roku 1960 CTS oficiálne zmenilo svoj názov na CTS Corporation. V roku 1962 vstupuje CTS na burzu NYSE a o rok neskôr vstupuje na trh spracovávaní dát úpravou technológie Cermet tak, aby mohla vyrábať rezistorové siete na silných fóliách, čo sa stalo bežnými súčasťami počítačov v 60-tych rokoch.

V roku 1968 spoločnosť CTS založila výrobnú prevádzku, aby mohla zásobovať aj zahraničné výrobné závody amerických OEM (Original Equipment Manufacturer). Široká technologická základňa otvorila nové trhy, ktoré postupne potrebovali CTS k vyvinutiu doplnkových technológií obsahujúcich nové materiály a technologické procesy. V 60 – 70-tych rokoch sa okrem armády a automobilového priemyslu dodávali súčiastky aj pre spotrebnú elektroniku. Pred koncom 70-tych rokov donútila japonská výroba spoločnosť CTS opustiť trh spotrebnej elektroniky.

Keď americká vláda schválila požiadavky na kontrolu emisií automobilov, spoločnosť CTS zareagovala tak, že vyvinula snímač polohy plynového pedála, čo malo za následok, že spoločnosť CTS začala vyvíjať a presmerovávať svoje výrobné zameranie sa, aby poskytla jednotlivé súčiastky a zostavy pre zákaznícke použitie v oblasti „pod kapotou“. V roku 1979 CTS otvorila výrobný závod v Singapure, primárne aby ostala konkurencieschopná v dodávkach súčiastok pre autorádiá. [S₁]

1.1.3 Expanzia prináša výzvy, 80-te roky

Spoločnosť CTS ostáva stále dobre zavedeným dodávateľom súčiastok pre trhy v oblasti spracovania dát nástrojov, riadenia a komunikácie. V máji roku 1983 CTS kúpila kalifornskú spoločnosť Micro Peripherals, Inc., ktorá bola vedúcim výrobcom disketových mechaník pre osobné PC. Do roku 1984 CTS utrpela veľké straty na podnikaní s disketovými mechanikami a rozhodla sa zbaviť spoločnosti Micro Peripherals, Inc.

V roku 1986 akcionári zo spoločnosti Dynamics Corporation of America (DCA) viedli spor s CTS kvôli stratám, ktoré vznikli pri prevzatí spoločnosti Micro Peripherals, Inc.. Spoločnosť DCA už mala v tejto dobe podstatný podiel akcií CTS. DCA sa pokúsila prevziať väčšinový podiel CTS tým, že spravila ponuku na odkúpenie 1 miliónu akcií za cenu 43 dolárov za jednu akciu. Avšak sa to tejto spoločnosti nepodarilo. CTS po odohranom súde spravila proti DCA opatrenie, kde vyhlásila hľadanie „bieleho koňa“, kde ide o priateľské prevzatie spoločnosti, čo tiež nedopadlo pre CTS úspešne. V roku 1987 CTS a DCA dosiahli dohody, aby ukončili svoje spory. Po tejto dohode vzniklo preorganizovanie spoločnosti CTS a DCA dostala širšie pôsobenie v rozhodovaní vedenia CTS. Do roku 1989 sa vrátila CTS do zisku, keď mala výnos 262 miliónov dolárov a čistý zisk mala 14,3 milióna dolárov. [S₁]

1.1.4 Preorientovanie sa spoločnosti CTS v 90-tych rokoch

Do 90-tych rokov bolo CTS zamerané na poskytovanie pasívnych elektronických súčiastok pôvodným výrobcom (OEM) v automobilovom, telekomunikačnom a dáta spracujúcom priemysle. Rovnako pokračovala v ponúkaní výrobkov na trhoch nástrojov a riadenia, obrany spotrebného tovaru, zahrňujúci aj výrobky pre Advanced Tactical Fighter a kozmické použitie spoločne s Jet Propulsion Laboratory.

V roku 1996 pri oslave 100-ého výročia sa CTS zameriava na zlepšovanie ich vlastných výrobných procesov, nazývali to „cestou výnimočnosti“. V roku 1997 CTS prevzala DCA, ktorá naďalej držala významný podiel v CTS. CTS začala odkupovať svoje akcie od spoločnosti DCA, kde sa následne z DCA stala divízia spoločnosti CTS. V tomto období CTS zažívala veľký dopyt z automobilového priemyslu a mikroelektroniky. Výrobný zlepšovací proces viedol k lepšej kontrole nad výrobnými a prevádzkovými nákladmi. Neskôr v roku 1997 CTS prebrala celú spoločnosť DCA, kde sa ostatné divízie integrovali do CTS. Následne vytvorila CTS operačnú skupinu, ktorá preštudovala ostatné podnikanie DCA, ktoré zahrňovali malé spotrebiče a zariadenia, elektrické systémy pre regulované prostredie, a podobne. Rast CTS bol možný zásluhou troch trendov v priemysle: integrácia elektronických súčiastok, outsourcing (zháňanie externých firiem) výrobných služieb a nárast podielu elektroniky v automobilovom odvetví.

Do konca roku 1998 mala CTS 18 výrobných závodov rozmiestnených po celom svete. Divízia automotive sa na firemných príjmoch podieľala okolo 30%. [S₁]

1.1.5 Preberanie vedenia na trhu bezdrôtových prístrojov koncom 90-tych rokov

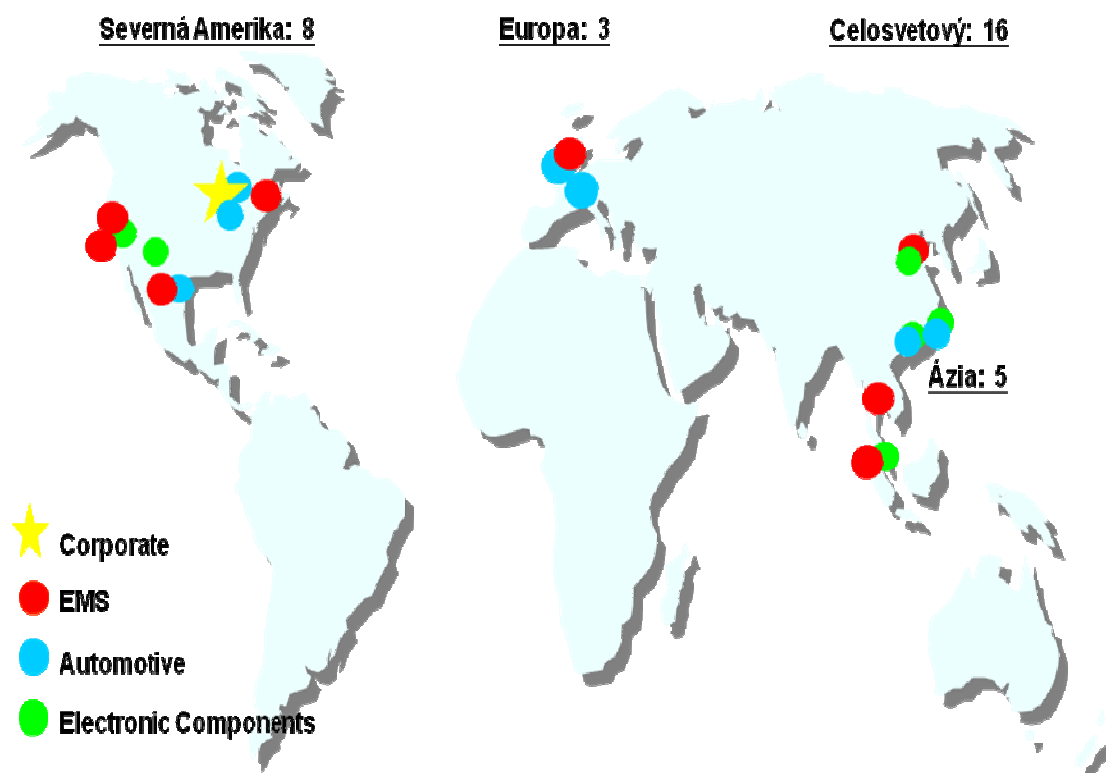
V roku 1999 CTS prevzala obchodné jednotky CPD (Component Products Division) firmy Motorola. Boli to výrobky pre bezdrôtovú komunikáciu, ktoré sa podieľali na príjmoch 40%. CPD sa stalo CTS Wireless Components Inc. a materská spoločnosť získala portfólio okolo 300 špičkových patentovaných technológií a výrobné závody v Číne, Tai-wane a USA. Neskôr spoločnosť CTS reorganizovala niektoré zo svojich obchodných oddelení ako súčasť plánu zamerať sa na telekomunikačný trh. CTS bola označená za najlepšie riadenú spoločnosť v odvetví pasívnych elektronických súčiastok.

Vďaka akvizícii jednotky CPD firmy Motorola dosiahla spoločnosť CTS nárast tržieb o 83% z 370 miliónov dolárov v roku 1998 na 677 miliónov dolárov v roku 1999. Spoločnosť CTS bola celosvetovým vedúcim dodávateľom súčiastok pre rýchlo sa rozvíjajúce odvetvie mobilných telefónov, kde sa mohla sledovať ďalšia stratégia globalizácie za účelom ďalšieho zlepšenia svojej pozície.

Ako súčasť stratégie globalizácie oznámila CTS v prvej polovici roku 2000 niekoľko iniciatív v Ázii. CTS Wireless Components Group založila strategické partnerstvo so spoločnosťou Kyocera z Japonska k vývoju kvartzového kryštálu a ďalších súčiastok pre prácu s frekvenciami primárne pre mobilné telefóny a ďalšie bezdrôtové aplikácie. V roku 2000 dosiahla CTS 28% rast tržieb s rekordným predajom 866,5 milióna dolárov. [S₁]

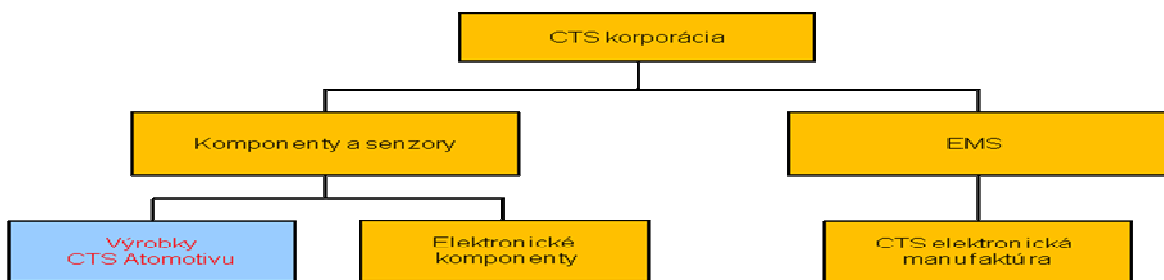
1.2 Organizačné členenie spoločnosti CTS Corporation

Spoločnosť CTS Corporation má hlavné sídlo v meste Elkhart, štát Indiana, USA. Zamestnáva okolo 5000 zamestnancov po celom svete.



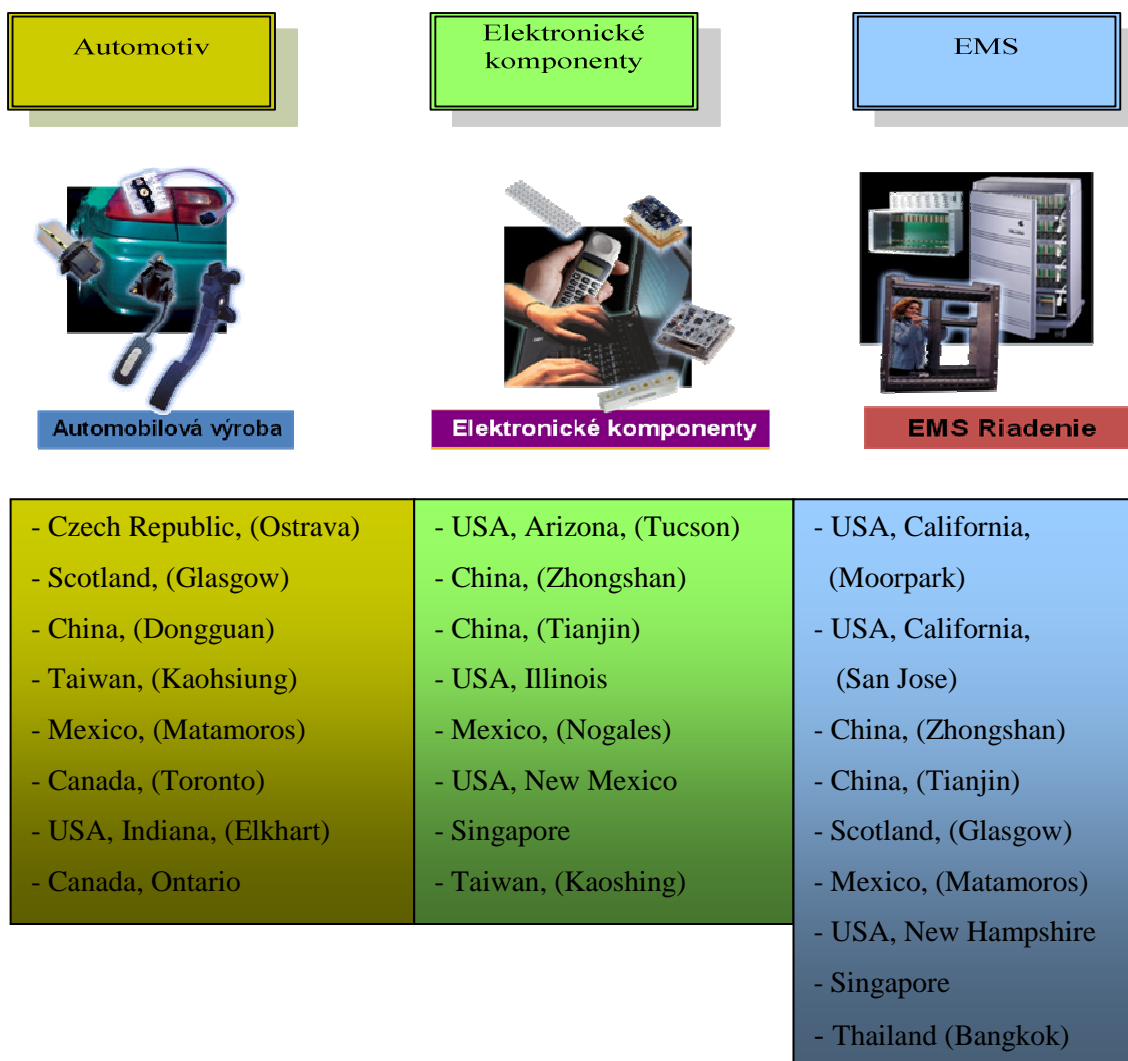
Obr. č. 1 Dcérske spoločnosti CTS Corporation rozmiestnené po svete. [C₁]

CTS Corporation má 3 strategické obchodné jednotky.



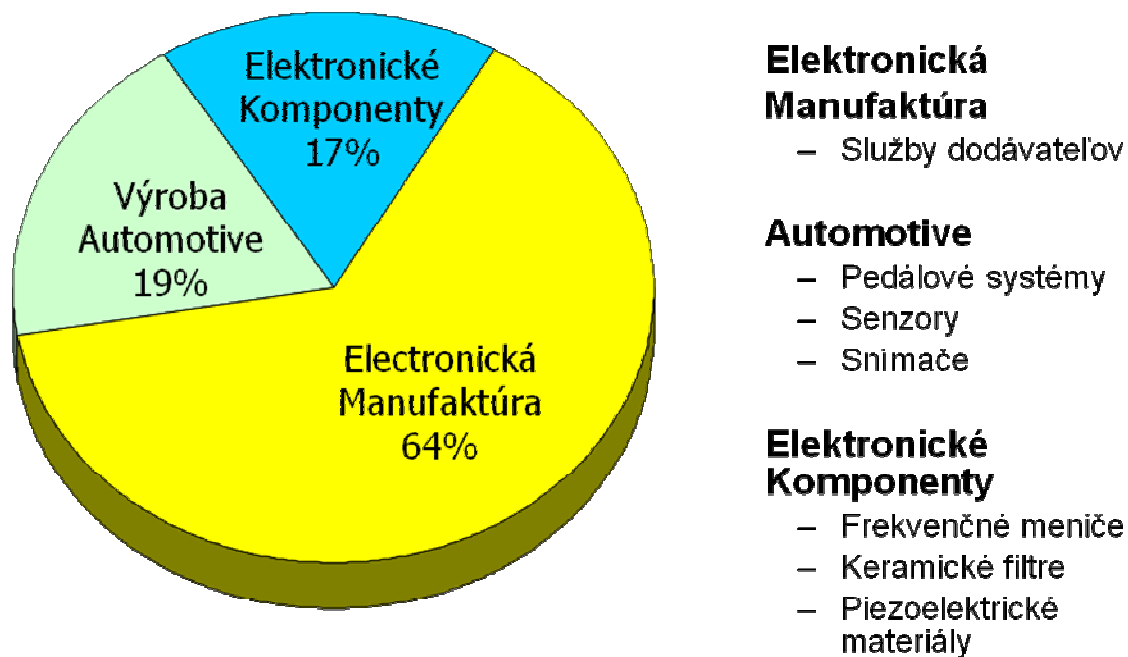
Obr. č. 2 Schéma obchodných strategických jednotiek. [C₄]

Obchodné jednotky v jednotlivých krajinách:



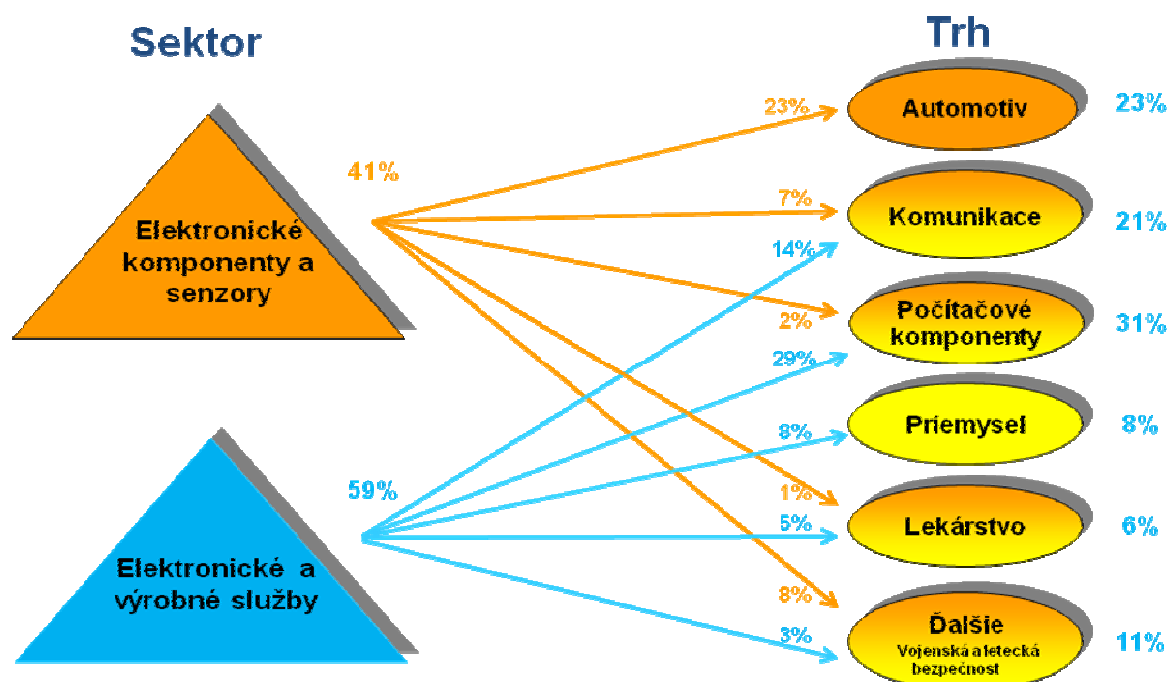
Obr. č. 3 Obchodné strategické jednotky CTS v jednotlivých krajinách. [C₂, C₄]

Percentuálne zastúpenie strategických obchodných jednotiek v CTS Corporation:



Obr. č. 4 Rozdelenie jednotlivých obchodných jednotiek po celom svete. [C₁]

CTS Corporation vo vzťahu k trhu:



Obr. č. 5 Služby a výrobky ponúkané spoločnosťou CTS na trhu. [C₄]

1.3 Založenie a začlenenie spoločnosti CTS Czech Republic, s.r.o.

CTS Czech Republic, s.r.o. bola založená ako dcérska spoločnosť spoločnosti CTS Corporation, ktorá má hlavné sídlo v Elkharte štát Indiana, USA.

CTS Czech Republic, s.r.o. patrí do oblasti automobilu (automobilový priemysel).

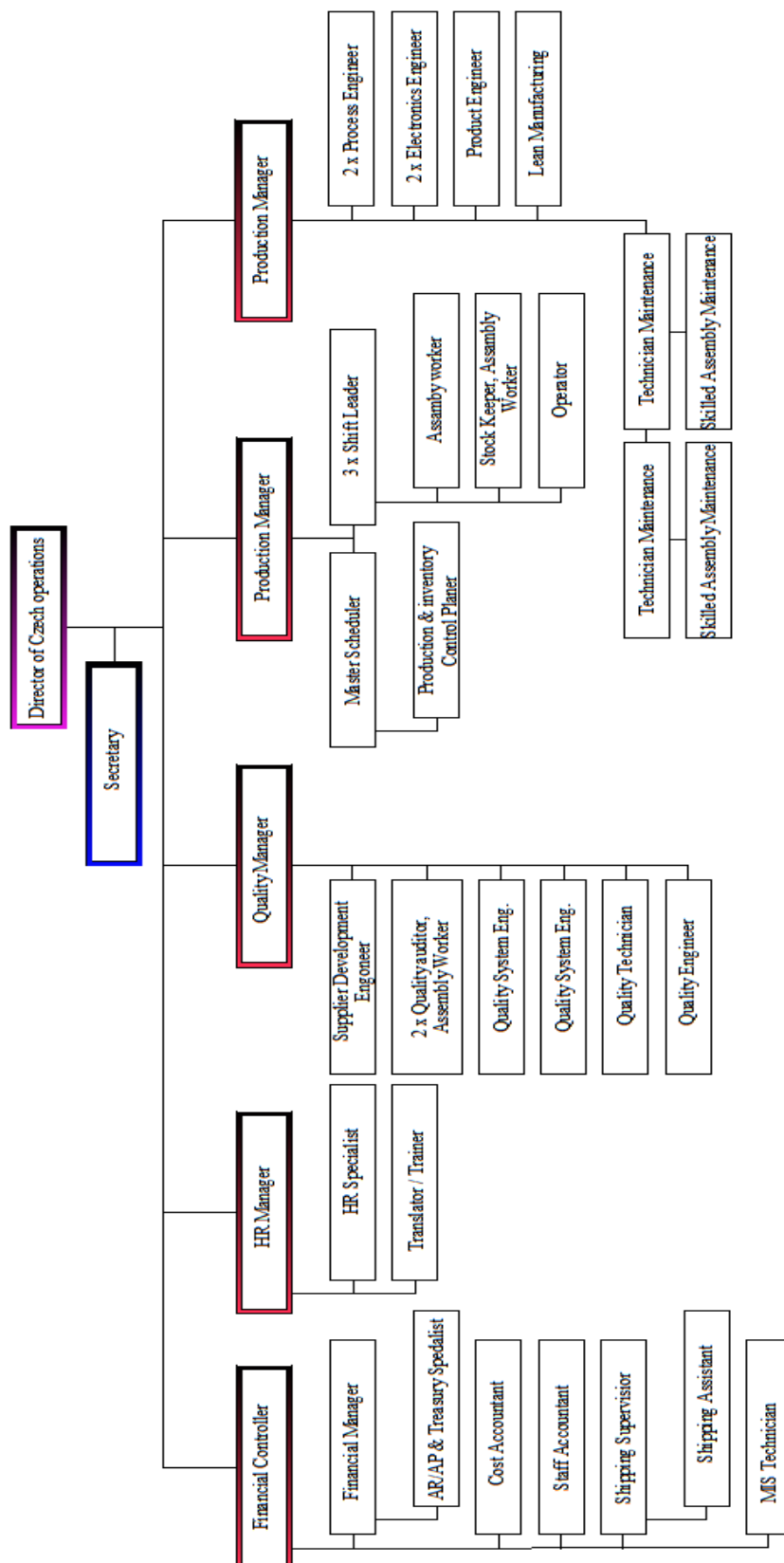
CTS Czech Republic, s.r.o. bola založená v apríli 2006, kedy bola začatá výroba v priemyselnej zóne Ostrava - Hrabová. V máji 2006 sa zahájila montáž na jednej linke. Do konca roku 2009 si dcérska spoločnosť CTS rozšírila svoju výrobu na 20 senzorových montážnych liniek jednu pedálovú montážnu linku.

Hlavné produkty CTS v Ostrave: – polohovací senzor výfukových plynov
s recykláciou obehových plynov,
– senzory polohovacích plynových pedálov,
– plynové pedále.

Spoločnosť CTS zamestnáva v súčasnej dobe 116 zamestnancov.

Celá organizačná štruktúra spoločnosti je znázornená v kapitole 1.3.1 na obr. č. 6 na nasledujúcej strane diplomovej práce.

1.3.1 Organizační struktura CTS Czech Republic, s.r.o.



Obr. č. 6 Organizační struktura CTS Czech Republic, s.r.o. [C4]

1.3.2 Procesná štruktúra CTS Czech Republic, s.r.o.

Linka / TÝM	RIADITEĽ		MANAŽÉR KVALITY		MANAŽÉR INŽINIERINGU	
	VÝROBA	VÝROBA	KVALITA	PROCES	“SUPPORT TÝM” ÚDRŽBA	“SUPPORT TÝM” PODPORA INŽINIERO V
559	MANAŽÉR VÝROBY	ZMENOVÝ MAJSTER 1	QUALITY ENGINEER	PROCESNÝ INŽINIER	TECHNIK ÚDRŽBY	Lm, 6- SIGMA
509 510 530 575			INŽINIER KVALITY	PROCESNÝ INŽINIER		
538			INŽINIER KVALITY	INŽINIER PRODUKTU		
537 539 565/ 567		ZMENOVÝ MAJSTER 2	INŽINIER KVALITY	INŽINIER PRODUKTU		ELECTRO INŽINIER 1
513		ZMENOVÝ MAJSTER 3	TECHNIK KVALITY	TECHNIK ÚDRŽBY		ELECTRO INŽINIER 2
504 507 511/ 512 518 564			TECHNIK KVALITY	TECHNIK ÚDRŽBY		

Obr. č. 7 Procesná štruktúra CTS Czech Republic s.r.o. [P₃]

Procesná štruktúra je veľmi dôležitá, pretože každá linka má svojho inžiniera na kvalite, procesného inžiniera, a to z dôvodu aby sa medzi nich rozdelila zodpovednosť za danú linku.

1.3.3 Produkty firmy CTS Czech Republic, s.r.o.

Nízkonapäťové odporové čidlá (senzory)

Polohové senzory: – kontaktné:

- točivé (rotačné)
- priamočiare
- bezkontaktné

(prenesenie signálu pomocou magnet. poľa)

Pedále: – plynové:

- pravé/ľavé
- s Kickdown modulom alebo bez. (Akceleračný prvok)

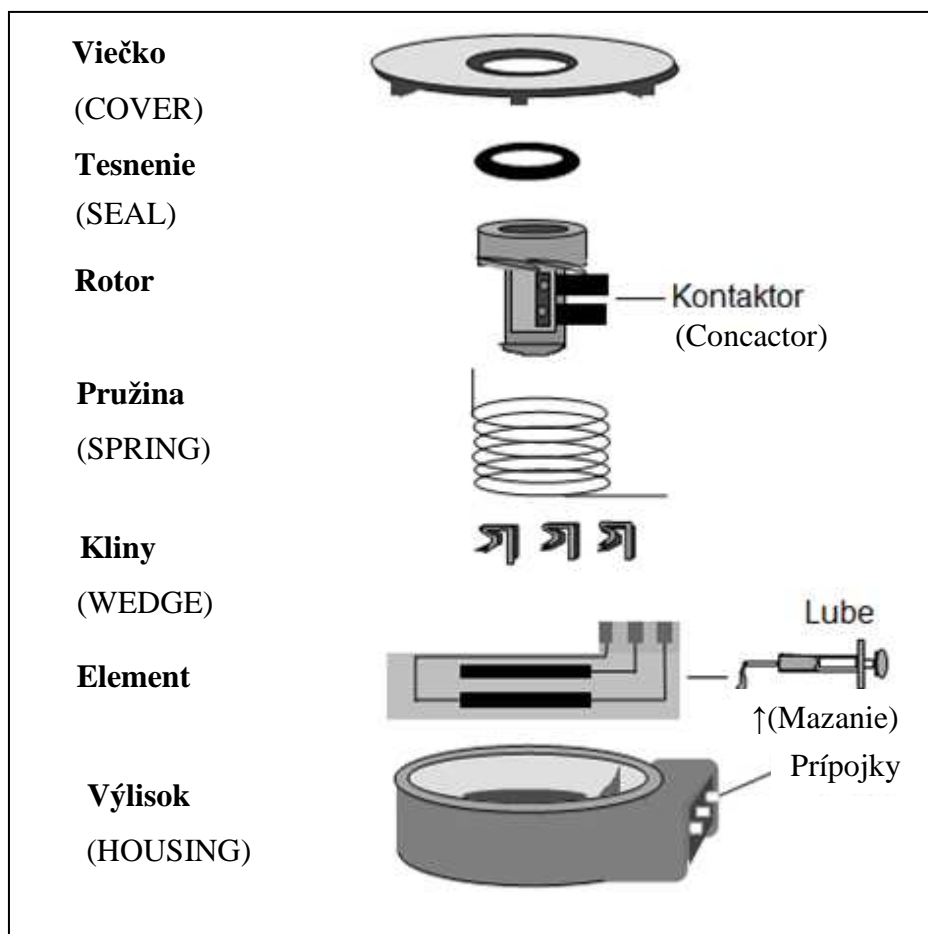


Obr. č. 8 Produkty CTS Czech Republic, s.r.o. [C4]

1.3.4 Popis senzoru na sledovanej linke 539/542/561/568

Na montážnej linke 539/542/561/568 sa montujú EGR (Exhaust Gas Recirculation) senzory (viď obr. č. 9), ktoré sú súčasťou spaľovacích (zážihových aj vznetrových) motorov. Základnou funkciou tohto senzoru je premena neelektrickej energie v elektrický signál. Aby sme boli schopní splňať neustále zvyšujúce sa nároky týkajúce sa emisií, výkonnosti motorov a pritom udržiavať zisk, tak sa viac začal využívať elektronický systém v riadení motorov. Využívať elektroniku pre nás znamená aplikácia ECU (elektronická riadiaca jednotka - ďalej už len ECU), ktorá sleduje, riadi a reaguje na chod motoru, to znamená množstvo vzduchu, ktoré sa miesi s palivom alebo množstvom výfukových plynov, ktoré idú späť do motora. Snímač je ovládaný vodičom, ktorý predáva pomocou signálu napätia získanú informáciu ECU, ktorá následne určuje chod motora a konkrétne rýchlosť auta.

Dnešné ECU predstavujú zložité digitálne systémy, a preto sa požiadavky na snímače, ktoré dávajú jednotke signál, značne zvýšili. Dodávatelia snímačov sa snažia plniť náročné požiadavky využitím rôznych metód. CTS využíva lisované plastové diely, v ktorých je usadený plastový/polymérový elektronický element. Uvedený tvar a funkcie výrobku v súčasnosti plne spĺňa požiadavky zákazníka na výkon a cenu. [C3]



Obr. č. 9 Rozpad 539 EGR SENSOR. [C₃]



Obr. č. 10 EGR senzor.

2 Všeobecná charakteristika riešenej problematiky

2.1 Základné pojmy

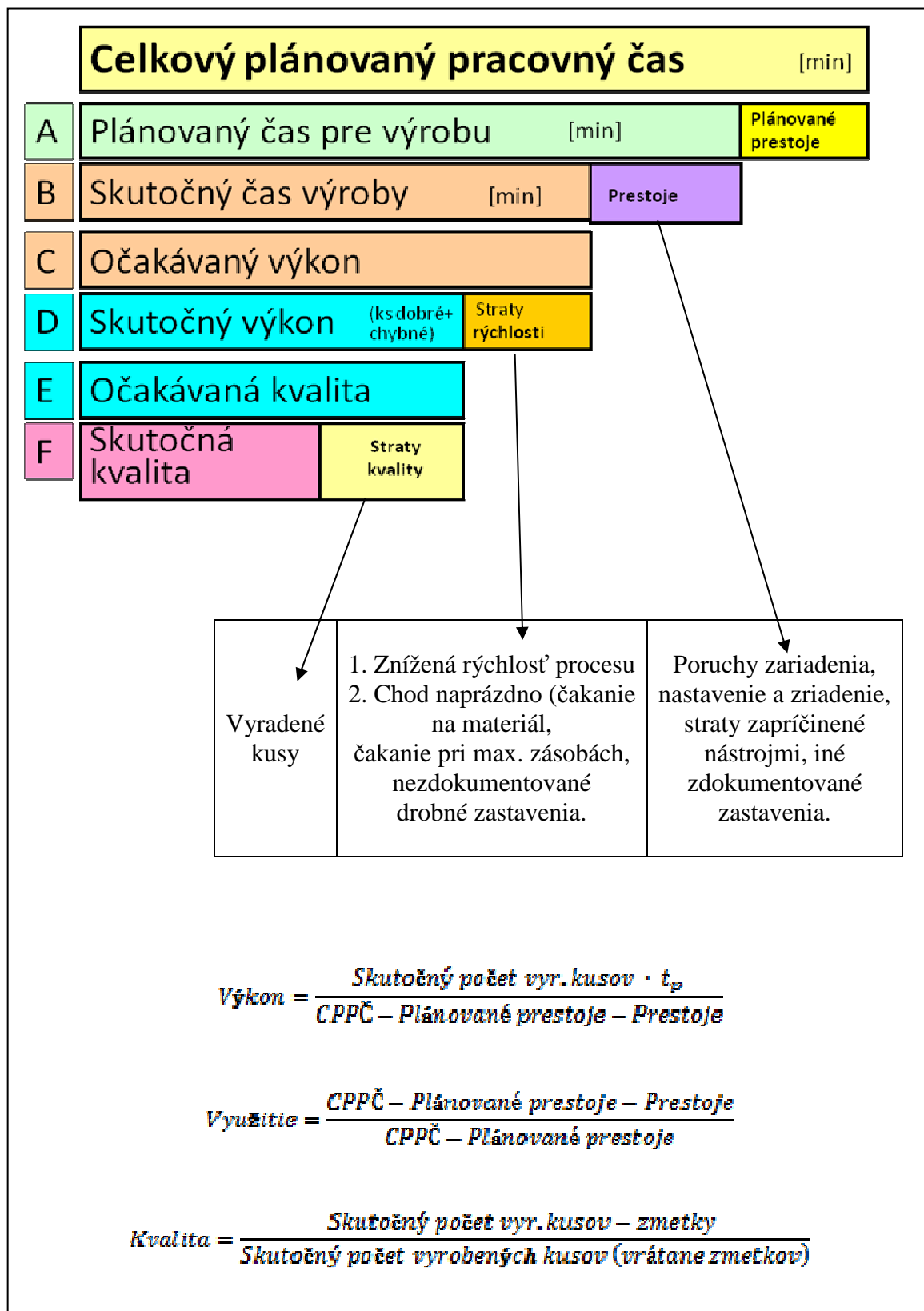
V tejto časti rozoberiem niektoré pojmy, ktoré budem ďalej používať v diplomovej práci. OEE (Overall Equipment Effectiveness - ďalej už len OEE) – celková efektívnosť zariadenia, ktorá je meradlom využiteľnosti, výkonnosti a stupňa kvality daného zariadenia. Je to nástroj pre sledovanie pokroku spojeného s celkovou produktívnou údržbou.

OEE je všeobecne uznávaný ukazovateľ metodiky merania pre porovnanie účinnosti zariadenia výrobných liniek alebo celých výrobných závodov. Pri výpočte OEE sa kombinujú informácie o dostupnosti a výkonnosti výrobných zariadení a kvalite výroby na týchto zariadeniach. Výsledné údaje umožňujú jednoznačné a porovnateľné hodnotenie a ako sú jednotlivé výrobné zariadenia využívané a aké výstupy dosahujú.

OEE – zahŕňa v sebe tri ukazovatele, tzn., že sa jedná o súčin jednotlivých ukazovateľov:

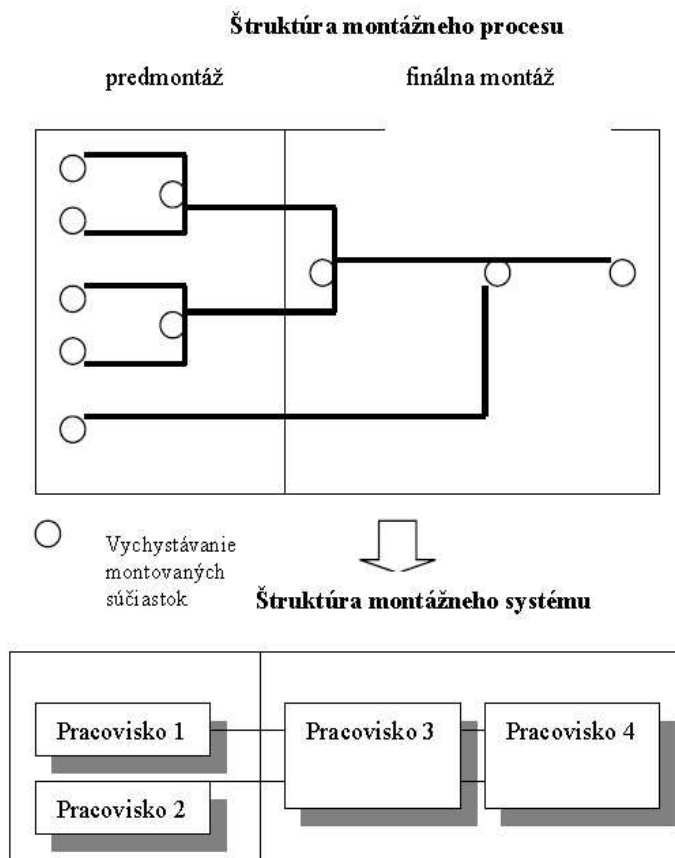
- kvalita = $(\text{celkový počet vyrobených kusov} - \text{počet zlých kusov}) / \text{celkový počet vyrobených kusov}$.
- výkonnosť = $\text{ideálny čas cyklu} * \text{celkový počet vyrobených kusov} / \text{prevádzkový čas}$.
- dostupnosť (využiteľnosť) = $\text{prevádzkový čas} / \text{čistý dostupný čas}$

Vysvetlenie výpočtov OEE je znázornené obr. č. 11 na nasledujúcej strane.

Všeobecný výpočet OEE:Obr. č. 11 Všeobecný výpočet OEE. [U₁, O₂]

Montážny proces – realizuje sa podľa určitých pravidiel a tie vyplývajú z výrobkovej štruktúry.

- Potrebne je správne určiť, ktoré montážne operácie a úkony majú prebiehať časovo postupne, prípadne paralelne. Montážny proces je preto potrebné rozčleňovať do dielčích častí a následná ich realizácia v montážnom systéme má prebiehať podľa optimalizačných pravidiel. [O₃]



Obr. č. 12 Organizačná štruktúra montáže. [O₃]

Stupne automatizácie – ide o úroveň automatizácie, ktorou môžeme podľa pomeru počtu automatizovaných funkcií a počtu funkcií automatizovaných rozdeliť do štyroch skupín. [S₂]

Montážna linka – je charakterizovaná technikou výroby, v ktorej je produkt dopravovaný v nejakej forme mechanizovaným dopravníkom medzi pracoviskami. Na týchto pracoviskách sa uskutočňujú rôzne nevyhnutné montážne operácie. [O₃]

Lean Manufacturing – je to systém, ktorý má podniku pomôcť rýchlo reagovať na súčasné a neustále sa meniace a rastúce podmienky zákazníka, ktorý si dnes môže vybrať z veľmi širokej konkurencie, kde je veľa výborných dodávateľov. Dnešný zákazník je ochotný platiť za činnosti, ktoré pridávajú hodnotu, to znamená za činnosti, ktoré významne tvoria formu a funkciu výrobu.

Dôvodom, prečo zaviesť princíp štíhlej výroby, je zaistenie rentabilného rastu prostredníctvom tvorby hodnôt a eliminácií plytvania.

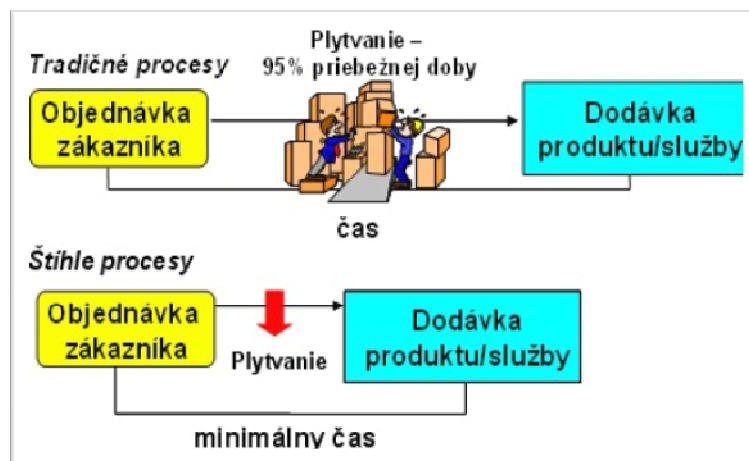
- Kratšie priebežné časy, t.j. vyššia produktivita.
- Lepšie výsledky v kvalite a dodávaní.
- Väčšie využitie zariadenia / ľudí.
- Motivovanie, efektívni zamestnanci – trvalosť. [S₃]

Lean-Layout (LL) pracoviska – umožňuje realizovať štíhle pracovisko, čo znamená, že (Štíhla výroba) obmedzujú prvky plytvania.

Výsledkom sú: – vytvorené podmienky pre jednoduché hmotné toky,

- obmedzenie zbytočných manipulácií a skladovania,
- úspora plôch, skrátenie priebežného času a zásob,
- zvýšenie produktivity a pružnosti výrobného systému

je založená na myšlienke skrátenia času medzi zákazníkom a dodávateľom, elimináciou *plytvania* v reťazci medzi nimi a zvyšovaním hodnôt definovaných zákazníkom. [S₄]



Obr. č. 13 Štíhla línia a jej princíp. [S₄]

Poka-Yoke – rieši obmedzenia výskytu chýb výrobkov. Snaží sa odstrániť stres a psychické vypätie pri práci. Získava nástroje na trvalé zlepšenie procesov. [P₄]

Kaizen – tento výraz je zložený z dvoch slov: kai - zmena, zen - dobro. Je to japonský prístup, ktorý sa vyvinul zo súčasti TQM, jedná sa o nepretržité zlepšovanie. [P₄]

BOM – zoznam komponentov, jednotlivých podzostáv, súčiastok, dielov potrebných k zhotoveniu konečného výrobku (kusovník). [W₁]

Takt Time (čas taktu) – je tempo, ktorým zákazník odoberá daný výrobok alebo službu. Čas taktu definuje, ako rýchlo by mal daný proces prebiehať, aby došlo k zlepšeniu požiadaviek zákazníka. Cieľom je, aby sa čas taktu vyrovnal času cyklu.

- Čas taktu je definovaný zákazníkom. [W₁]

Cycle time (čas cyklu) – je nameraný reálny montážny čas pre danú operačnú stanicu, ktorý je charakterizovaný začiatkom a koncom montážneho procesu. [Z₁]

Čas rýchlej výmeny nástroja – čas, ktorý uplynie od výroby posledného dobrého kusu daného typu až do výroby prvého dobrého kusu nového typu. [M₁]

Rýchla výmena nástroja – výmena nástrojov pri maximálnej úspore času, pružná reakcia na potrebu výroby, a tým rýchlejšie uspokojenie zákazníka, upínanie nástrojov rôznych tvarov a rozmerov.

Vizualizácia – je zobrazovanie skutočností, ktorých výsledky sú pozorovateľné voľným okom. Úzko súvisí so zásadami pri uplatňovaní názornosti (rôzne grafy a tabuľky pri rôznych procesoch). [W₅]

Hardware – sú fyzicky existujúce súčiastky a zariadenia, ktoré sú v počítači, alebo sú pripojené k PC. [W₃]

Software – je programové vybavenie PC. Môžeme ho rozdeliť na:

- systémový software – zaisťuje chod PC a jeho styk s okolím,
- aplikačný software – na ktorom pracuje užívateľ, alebo zaisťuje riadenie nejakého stroja. [W₄]

Ergonómia pracoviska – sa zaoberá výkonnosťou pracujúceho človeka a prispôbovaním pracovných prostriedkov a pracovného prostredia vlastnostiam a potrebám človeka. Ide o vytvorenie súladu medzi technickým riešením, funkciou výrobku a ich prispôbenie ľudským možnostiam a potrebám. [O₁]

Výroba – predstavuje výsledok práce (výrobky, výkony), ktoré sú určené pre výrobnú, spoločenskú a individuálnu potrebu. [N₁]

Typy výroby:

Kusová

- vyrába sa veľký počet rôznych výrobkov v jednotlivých počtoch kusov, opakuje sa nepravidelne.

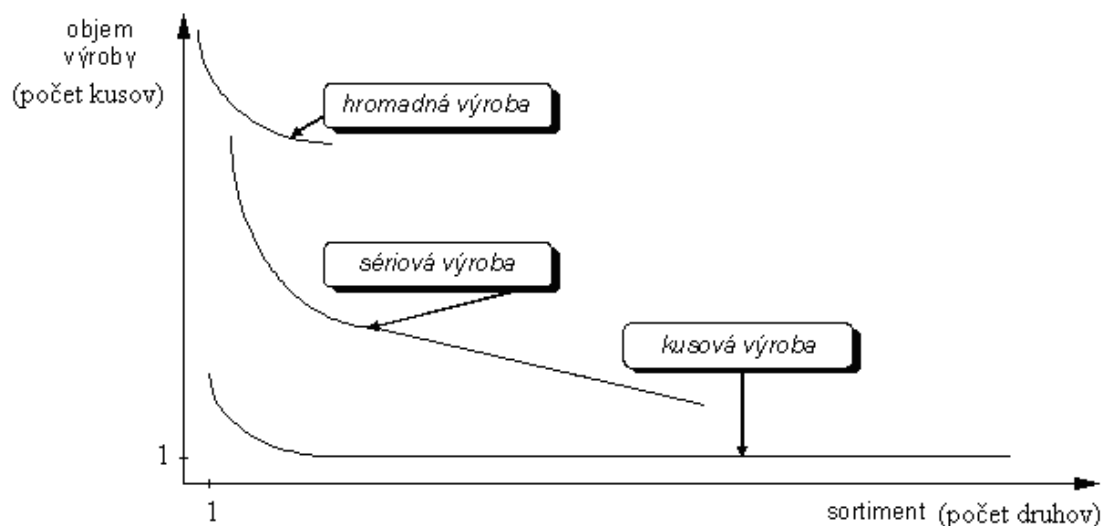
Sériová výroba

- malosériová, stredne sériová, veľkosériová.
- množstvo, ktoré zavádzame do výroby, výrobná dávka
- výroba sa obvykle opakuje.

Hromadná výroba

- vyznačuje sa výrobou len jedného alebo niekoľkých málo druhov výrobkov s veľkým množstvom produkcie. Využitie jednoúčelových strojov. [N₁]

Jednotlivé typy výroby sú znázornené v nasledujúcom grafe na nasledujúcej strane diplomovej práce. (obr. č. 14)

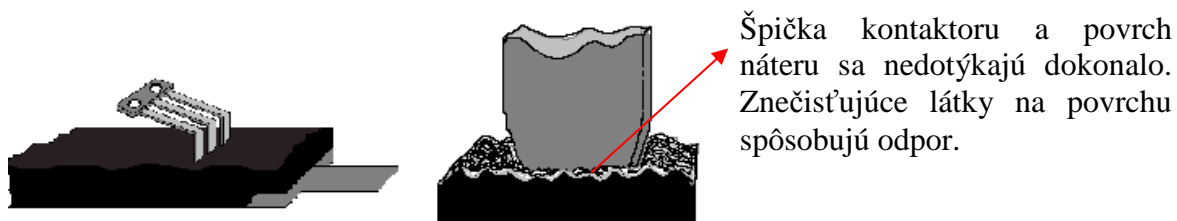
Obr. č. 14 Grafické znázornenie jednotlivých typov výroby. [N₁]

Scanner (skener) – prístroj, ktorý na montážnej linke prevádza 100 % kontrolu. Skenuje všetky elektrické charakteristiky (elektronické a odporové hodnoty),
 – testujú sa všetky vyrobené kusy. v EGR senzora.

Rescaner (resken) – je to skenovanie výrobkov, ktoré na prvý krát neprešli skenerom. Ak kusy neprejdú druhý krát skenerom, tak sa vyradzujú a označujú sa ako zmätky.

Dôvody prečo robiť resken:

1. Nedokonalý kontakt/dotyk špičky kontaktoru a odporovej vrstvy. Na kontakte alebo na povrchu odporového náteru sa vytvára povrchový povlak kovových oxidov, chloridov a sulfidov, rôznych organických látok a iných znečisťujúcich látok. Tieto povlaky sa chovajú ako **izolátory**, a preto, že nie sú nanesené v rovnakej vrstve, spôsobujú odchýlky v odpore kontaktorov (viď obr. č. 15). [C₃]

Obr. č. 15 Kontaktor, ktorý sa pohybuje po elemente. [C₃]

2. Druhým dôvodom je skutočnosť, že elektrický prúd vždy preteká cestou s najnižším odporom. Odporový náter je nehomogénny (t.j., nie je 100 % konzistentný vo svojom zložení), a preto sa vždy budú objavovať isté odchýlky. Odporový náter obsahuje vodivé častice, ktorých koncentrácia sa líši, a preto prúd preteká cestou najnižšieho odporu (viď. obr. č. 16). [C₃]



Obr. č. 16 Prúd, ktorý vyhľadáva cestu s najmenším odporom. [C₃]

Všetky cudzie názvy, ktoré sa nachádzajú v obr. č. 17 sú vysvetlené v obr. č. 9 kapitole 1.3.4 na 23-tej strane.



Obr. č. 18 Montážna linka 4v1.

Zo všetkých vyrobených produktov na montážnej linke 4v1 je rôzne zastúpenie jednotlivých liniek (viď nižšie).

Vyt'aženie jednotlivých liniek 4v1:	– 539 – 35%,
	– 542 – 20%,
	– 561 – 10%,
	– 568 – 35%.

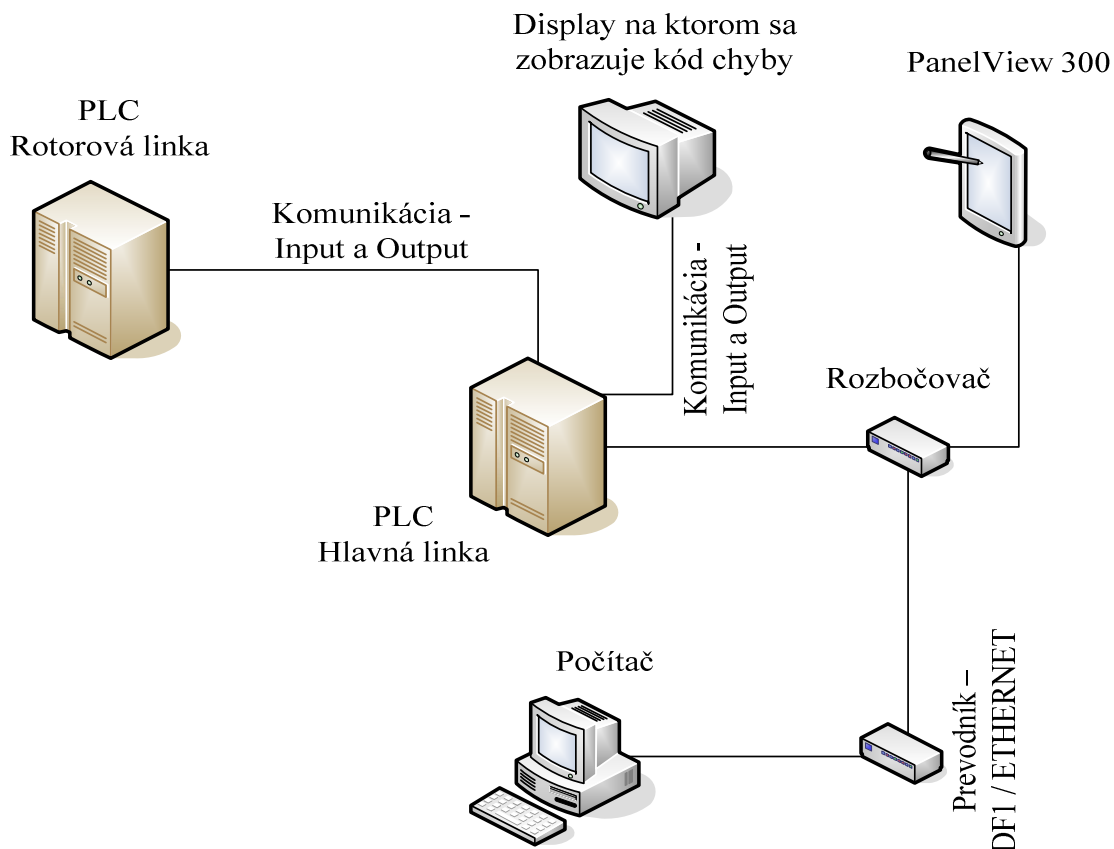
Vyrába sa tu 5 BOMov EGR senzorov. Na jednotlivých montážnych linkách sa vyrábajú tieto BOMy:

- 06806; 06803 – linka 539,
- 06814 – linka 542,
- 06867 – linka 561,
- 07357 – linka 568

Pracovná schéma výroby je znázornená v prílohe č.1 a celý pracovný proces je znázornený v prílohe č. 2.

3.1.1 Súčasný hardwarový stav linky 4v1

V tejto podkapitole je popísané súčasné riadenie linky. Linku 4v1 riadia 2 PLC počítače. Hardwarový stav linky je graficky znázornený na nasledujúcej strane na obr. č. 19.



Obr. č. 19 Hardwarový stav linky 4v1

PLC – je hlavný počítač, ktorý riadi celý chod linky 4v1. PLC je zložený z procesora CPU, zdroja a deviatich kariet input a output (5 krát input karta a 4 krát output karta). Tieto karty slúžia ako rozširovacie moduly pre PLC počítač. Znázornenie PLC počítača a jeho jednotlivých súčastí je popísané na obr. č. 20.

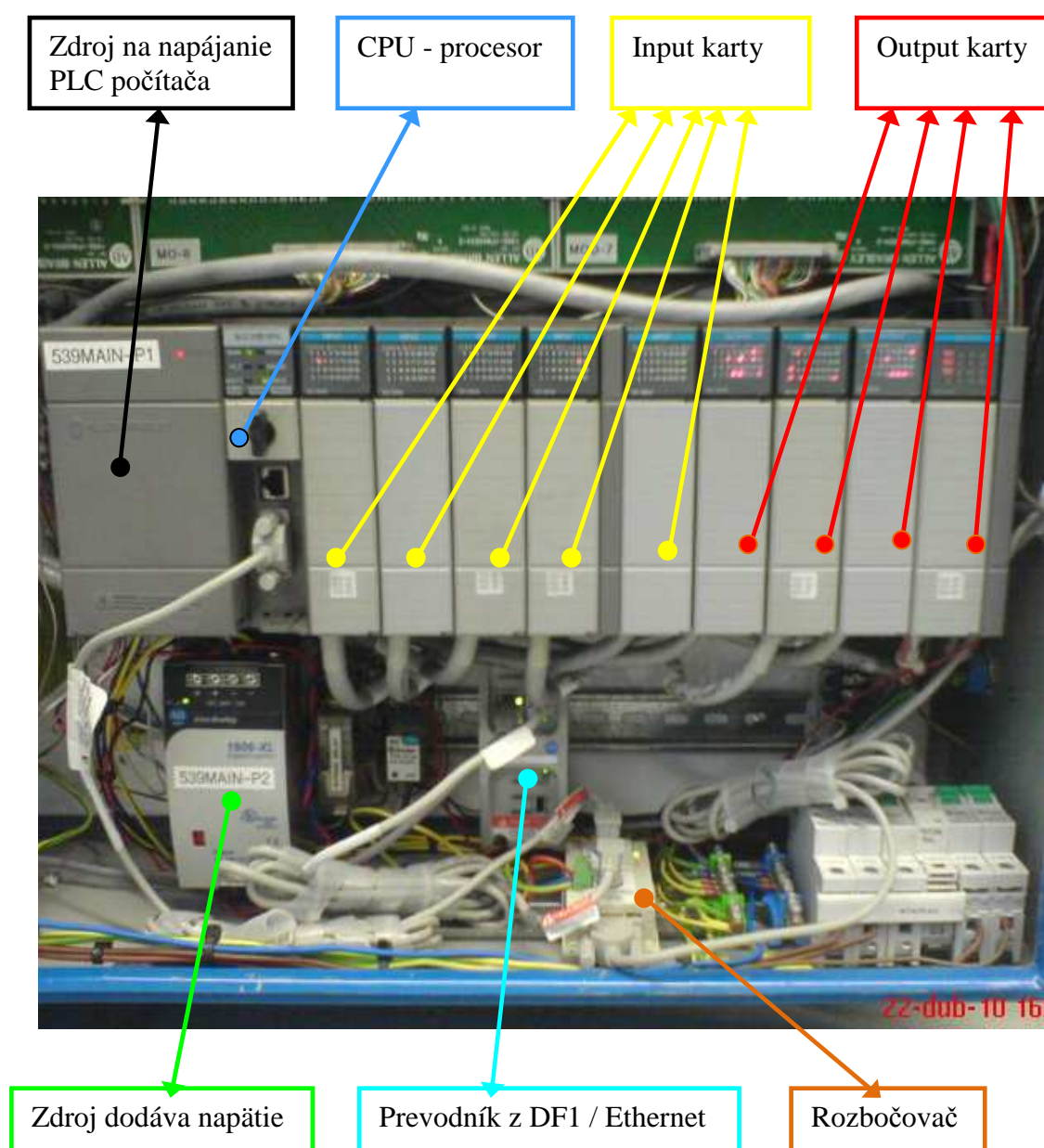
Procesor (CPU) – je zariadenie, ktoré vyhodnocuje vstupné signály pomocou binárneho kódu (tzn. 0 a 1) a podľa tohoto vyhodnotenia procesor posiela signály do výstupných zariadení.

Input – sú karty, ktoré vstupné signály predávajú do procesora (CPU), kde sa spracovávajú.

Output – sú karty, ktoré prijímajú z procesora výstupné signály, ktoré sa ďalej posielajú do konkrétnych externých zariadení.

Na linke 4v1 sú používané digitálne input a output karty. Počet kariet závisí na počte výstupných zariadení.

V celom zložení linky 4v1 sú dva separované PLC počítače a to PLC3 a PLC4, kde PLC3 je na linke 568 a PLC4 je na strihacom zariadení. Linky 539, 542 a 561 majú prepojené dva PLC počítače. Hlavný riadiaci PLC1 počítač je na hlavnej linke a PLC2 je na vedľajšej rotorovej linke. Rozmiestnenie jednotlivých PLC počítačov na linke 4v1 je zobrazené na obr. č. 17.



Obr. č. 20 Zobrazenie PLC počítača linky 4v1.

Panel View 300 – slúži ako operátorský panel, na ktorom sa slovne zobrazuje význam číselného kódu chyby, ktorý je znázornený na zobrazovacom zariadení.

Rozbočovač – je zariadenie, ktoré slúži na princípe rozdvojky do zásuvky.

Prevodník – premena signálu DF1 na ethernet.

DF1 – je komunikačný protokol, pomocou ktorého dokáže pripojené PLC komunikovať s ovládačom.

Ethernet – najpoužívanejšia sieťová technológia. Princíp: stanica pripravená vysielat' dáta si „vypočuje“, či prenosové médium nepoužíva iná stanica. V prípade, že áno, stanica skúša prístup neskôr až dotedy, pokiaľ médium nie je voľné. Až sa médium uvoľní, začne stanica vysielat' svoje dáta. [W₂]

3.1.2 Súčasný softwarový stav na linke 4v1

Na riadenie a komunikáciu s PLC linky 4v1 sa používajú dva softwary:

1. RSLogix 500 – je software, ktorý umožňuje vytvárať, modifikovať a monitorovať aplikačné programy. Tieto programy môžu byť vytvárané mimo PC na linke. Software RSLogix nám slúži okrem vytvárania rôznych aplikácií aj na sledovanie stavu procesu na jednotlivých častiach input a output kariet.
2. RSLinx – kompletný komunikačný program, ktorý je kompatibilný s viacerými softwarom, ako je aj práve zmienený RSLogixTm. Môže podporovať viacero aplikácií súčasne, komunikáciu s rôznymi zariadeniami na viacerých rôznych sieťach. Tento komunikačný program komunikuje s PLC počítačom pomocou Ethernetu. Vždy sa najskôr musí vytvoriť komunikácia medzi PC a PLC. RSLinx má dva typy: prvo - vývojová licencia (je licencia, v ktorej sa vytvára celá komunikácia medzi danými zariadeniami) a Run Time licencia (licencia, v ktorej sa nastavené protokoly nedajú meniť).

RSLinx je vhodný komunikačný protokol pre viac programov. Dokáže komunikovať s programami: RSLogix, Excel, Promotic, atď.

Prestoje, „Prostoj“ - zaznamenávajú všetky strojné, organizačné a auditné opravy, poruchy a ostatné chyby, keď je linka zastavená v priebehu procesu.

Čas, „Doba“ - sa zaznamenáva čas trvania daného prestoja na linke.

„s-strojní, o-org., a-audit“ - sa zadávajú značky, ktoré nám rozdelia všetky poruchy a opravy a ďalšie chyby do jednotlivých už zmieňovaných skupín.

Porucha - sa zapisujú číselné kódy jednotlivých porúch.

Opakovateľnosť, „početnosť“ - koľko krát sa zopakovali poruchy počas jednej zmeny.

Scanner – počet - sa zapisujú všetky testované kusy, dobré kusy a kusy, ktoré neprešli skenerom a nakoniec sa píše BOM – je to kvôli rozpoznaniu, aký druh EGR senzorov sa na linke 4v1 práve vyrábal počas danej zmeny.

Reskeny, „Rescanner“ – počet - zaznamenávajú sa: - BOM - aký typ senzoru sa skenoval, - zmena, ktorá prevádzkala reskeny, - kusy, ktoré neprešli druhým skenovaním, - kusy, ktoré prešli druhým skenovaním, - všetky kusy, ktoré neprešli prvým skenovaním.

SMĚNOVÝ ZÁZNAM VÝROBY										ZAPSÁNO DO PC																												
Datum: 7.4.2010		Směna: A		Linka: 539/542/561/568		Hala:																																
Prostoj		Začátek	Doba	s-strojní o-org. a-audit	Porucha	Četnost																				CELKOVÝ	Koeficient											
			min		kód	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	min		
1	dr. Amy		16	s	649	15																													15	7,5	2	
2	concoctory		35	s	50	5																													5	2,5	2	
3	audit mazání		10	a	10	8																													8	4	2	
4	tavení		5	s	0	1																													1	0,5	2	
5	stroj		6	s	33	1																													1	0,5	2	
6					33	1																													0	0	2	
7																																				0	0	2
8																																				0	0	2
9																																				0	0	2
10																																				0	0	2
11																																				0	0	2
12																																				0	0	2
13																																				0	0	2
14																																				0	0	2
15																																				0	0	2
16																																				0	0	2
17																																				0	0	2
18																																				0	0	2
19																																				0	0	2

SCANNER - POČET					OPERÁTORI		POZNÁMKY	
Units Tested	Units Passe	Units Reje	Reskan	BOM	Osobní číslo	Jméno	Příjmení	Podpis
Testováno	Dobré kusy	Špatné kusy			1.			
1	2732	2724	8	06806	2.			
2					3.			
3					4.			
4					5.			
5					6.			
6								
7								
8								

RESCANER - POČET					OPERÁTORI				POZNÁMKY	
Units Tested	Units Passe	Units Reje	Směna	BOM	Osobní číslo	Jméno	Příjmení	Podpis		
Testováno	Dobré kusy	Špatné kusy	A B C							
1	12	8	B	06806						
2	17	17	B	06807						
3	108	55	A	06807						
4	25	19	A	06807						
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

Obr. 22 Tabuľka vytvorená na spracovanie OEE informácií do elektronickej podoby.

Ďalej je vytvorená v programe Excel kalkulačná tabuľka, v ktorej sú zadané jednotlivé parametre montážnej linky. Pomocou vzorcov počíta jednotlivé hodnoty produkcie a sťahuje si jednotlivé dáta aj opätovne skenovaných (reskenovaných) výrobkov a ďalších potrebných parametrov (viď obr. č. 23).

P A R A M E T R Y	Cykle time hlavní linky		(s/kus)	(min/kus)		
	Teoretický		6,75	0,1125		
	Skutečný		6,75	0,1125		
	Délka směny		480 min			
	Požadovaný čas		420 min			
	Plánované prostoje		60 min			
	Disponibilní čas		x min			
P R O D U K C E	SMĚNA		A	B	C	DEN
	Celkem testováno		2732	0	0	2732
	Celkem vyrobeno		2732	0	0	2732
	Dobré kusy		2724	0	0	2724
	Špatné kusy		8	0	0	8
	Visuálka/Ostatní					
	Prostoje		72	0	0	72
	S strojní		62	0	0	62
	O organizační		0	0	0	0
	A audit		10	0	0	10
	R rescany					
	Chyby		16	0	0	16
R E S C A N	Celkem rescanováno		5	0	0	5
	Dobré rescany		3	0	0	3
	Špatné rescany		2	0	0	2
OEE	Kvalita		99,71%	#DIV/0!	#DIV/0!	99,71%
	Výkonnost zařízení		92,58%	0,00%	0,00%	92,58%
	Dostupnost zařízení		79,05%	100,00%	100,00%	93,02%
			72,96%	#DIV/0!	#DIV/0!	72,96%

Obr. č. 23 Kalkulačná tabuľka „skutočný stav“.

P A R A M E T R Y	Cykle time hlavní linky		(s/kus)	(min/kus)		
		Teoretický	6,75	0,1125		
		Skutečný	6,75	0,1125		
		Délka směny	480 min			
		Požadovaný čas	420 min			
		Plánované prostoje	60 min			
		Disponibilní čas	x min			
P R O D U K N Í I D E A L N Í		Celkem vyrobeno	3733	3733	3733	11199
		Dobrych kusů	3733	3733	3733	11199
		Špatných kusů	0	0	0	0
		Prostoje	0	0	0	0
		S	0	0	0	0
		O	0	0	0	0
		A	0	0	0	0
		Chyby	0	0	0	0
I D E A L N Í		Kvalita	100,00%	100,00%	100,00%	
		Výkonnost zařízení	99,99%	99,99%	99,99%	
		Dostupnost zařízení	100,00%	100,00%	100,00%	
			99,99%	99,99%	99,99%	

Obr. č. 24 Kalkulačná tabuľka pre OEE formuláre „ideálny stav“.

Po vyplnení tabuľky (viď obr. č. 22) sa tieto dáta preklopia z vyššie uvedených tabuliek (viď obr. č. 23 a 24) do výslednej tabuľky s názvom „Měsíční přehled celkové účinnosti zařízení (OEE)“ (viď obr. č. 25).

CTS		Vypracoval: Petr Gruber		Ověřil: Datum:		Schválil: Datum:		Název: Měsíční přehled Celkové účinnosti zařízení (OEE)								Verze: Revize:				
CTS Czech Republic s.r.o.																				
SheDat		Vymaz Data		POČET VYROBENÝCH KUSŮ				VÝROBNÍ ČAS				PROSTOJE				LINKA 539/542/561/568		2009		
T Y D E N	D A T U M	D E N / S M Ě	S M Ě N Y	DOBŘÉ KUSY		ZMETKY ŠPATNÉ KUSY		CYKLE TIME STROJE		DLE VYROBENÝCH KUSŮ		DLE PROSTOJŮ		S+O+A		CHYBY		CELKOVÁ ÚČINNOST ZAŘÍZENÍ		OEE
				VÝROBA OK	RESCAN OK	VÝROBA NOK	RESCAN NOK	VIZUÁLKA AUDIT	minut	minut	čas minut	Přepočet na kus	čas minut	Přepočet na kus	Availability DOSTUPNOST ZAŘÍZENÍ	Performance VÝKONNOST ZAŘÍZENÍ	Quality KVALITA VÝROBY	DENNÍ TYDENÍ %		
								6,75												
14	5.4.2010	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	A	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	B	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	C	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	6.4.2010	2	2541	99	124	61	0	0	6,75	299	356	471	4186	13	115	42,38%	87,76%	94,62%	34,04%	
14	A	1	900	74	101	67	0	0	6,75	112	114	293	2804	13	115	27,14%	98,25%	90,80%	24,16%	
14	B	1	1641	25	23	4	0	0	6,75	187	242	178	1582	0	0	57,82%	77,27%	98,84%	43,92%	
14	C	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	7.4.2010	1	2724	3	8	2	0	0	6,75	307	332	72	640	16	142	79,05%	92,47%	99,71%	72,88%	
14	A	1	2724	3	8	2	0	0	6,75	307	332	72	640	16	142	79,05%	92,47%	99,71%	72,88%	
14	B	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	C	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	8.4.2010	3	8804	12	57	9	0	0	6,75	996	923	208	2381	89	813	73,25%	108,15%	99,35%	79,54%	
14	A	1	2495	9	22	5	0	0	6,75	283	283	130	1155	27	240	82,82%	107,60%	99,13%	66,79%	
14	B	1	3021	3	12	4	0	0	6,75	341	344	82	462	24	213	81,90%	99,13%	99,57%	80,84%	
14	C	1	3288	0	22	0	0	0	6,75	372	316	86	764	18	160	75,24%	117,72%	99,34%	87,98%	
14	9.4.2010	1	1801	20	32	8	0	0	6,75	206	214	181	1608	25	222	50,95%	96,26%	98,27%	48,20%	
14	A	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	B	1	1801	20	32	8	0	0	6,75	206	214	181	1608	25	222	50,95%	96,26%	98,27%	48,20%	
14	C	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	10.4.2010	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	A	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	B	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	C	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	11.4.2010	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	A	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	B	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	C	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0	0	0	0	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
14	TYDEN	7	15 870	134	221	80	0	0	6,75	1 808,00	1 825,00	992,00	8 815,00	123,00	1 092,00	61,41%	96,16%	97,99%	58,42%	
15	TYDEN	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
16	TYDEN	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
17	TYDEN	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
18	TYDEN	0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
0		0	0	0	0	0	0	0	6,75	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Obr. č. 25 Měsíční přehled celkové účinnosti zařízení (OEE).

4 Vyhodnotenie analýzy a identifikácia problémov

Za súčasného stavu má ručné prepisovanie OEE viac nevýhod. Ako príklad je uvedený OEE formulár na obr. č. 21, na ktorom je znázornené, že dochádza vo formulároch k opravám a aj preto nie sú vždy výsledky z OEE presné. Ďalšími nedostatkami, ktoré prináša tzv. ručné monitorovanie linky, sú:

- Zdržiavanie operátorov pri ručnom zápise do OEE na linkách.
- Prepisovanie údajov z papierovej podoby do elektronickej.
- Nepresnosť údajov.
- Prepočítavanie neúplných zmien.
- Časové vyťaženie pracovníkov.
- Znižovanie efektivity zariadenia (dlhšie státie linky).
- Skladovateľnosť OEE formulárov a ich uchovávanie po dobu 5-tich rokov.
- Zložitejšie vyhľadávanie historických informácií.
- Finančné zaťaženie spoločnosti.

Ako už bolo vyššie zmienené, samotné prepisovanie formulárov do elektronickej podoby zaberá určitý čas. Časová náročnosť prepisovania OEE linky 4v1:

Týždeň	2 h	200 Kč
Mesiac	8 h	800 Kč
Rok	96 h	9600 Kč

Znázornená časová náročnosť a jej výsledné finančné ohodnotenie je ďalším nepriaznivým efektom ručného prepisovania OEE formulárov. Celková suma za prepisovanie všetkých montážnych liniek pri rovnakom časovom a finančnom ohodnotení by za rok činila okolo sedemsto hodín, čomu zodpovedá suma vo výške približne 140 000 Kč. Vyjadrený čas a s ním súvisiaca suma vychádzali z mojich poznatkov, ktoré som získal priamo pri práci s týmto problémom v spoločnosti, kde som spracovával svoju diplomovú prácu. Chcel by som zdôrazniť skutočnosť, že ak by som to prepočítaval na plat zamestnanca spoločnosti, tak výsledná suma by bola ešte približne dvojnásobne vyššia. Samotná spoločnosť si uvedomuje oba tieto efekty, ako prvotný v podobe časovej náročnosti, tak aj druhotný v podobe finančných nákladov, ktoré so sebou prináša ručné prepisovanie OEE.

5 Vlastný návrh na odstránenie OEE formulárov

Tomuto problému sa venujem na požiadanie firmy CTS, ktorá chce a snaží sa o vybudovanie automatizovaného zberu dát na všetkých linkách. Mojou úlohou bolo navrhnúť a vytvoriť systém sledovania potrebných informácií na linke 4v1. Všetky svoje návrhy na zefektívnenie som konzultoval s viacerými pracovníkmi a vedením spoločnosti CTS. Tieto návrhy budú môcť byť aplikovateľné aj na ostatných linkách, nie len na 4v1.

5.1 Návrhy na zmeny v hardware linky 4v1

Najskôr sa musel na linke 4v1 vyriešiť hardwarový stav. To znamenalo rozhodnúť o tom, či sa bude používať nejaké externé zariadenie na vizualizáciu pre všetkých operátorov, alebo či tieto informácie budú dostupné len určitým užívateľom. Okrem iného bolo nutné rozhodnúť, akým spôsobom sa bude prevádzať zápis jednotlivých informácií od operátorov.

Na konzultáciách s vedením spoločnosti CTS sa rozhodovalo medzi zakúpením OEE Vorne board (viď obr. č. 26), alebo zakúpením širokouhlej plazmovej obrazovky. Spoločnosť CTS v Škótsku, ktorá dodala Spoločnosti CTS v Českej Republike montážne linky, odporučila zakúpenie OEE Vorne board. Avšak pri zohľadnení aké možnosti a flexibilitu ponúka OEE boarder a aká je jeho cenová relácia a dostupnosť, sa spoločnosť CTS rozhodla pre inú alternatívu, a to zakúpením širokouhlej obrazovky. Plazmová obrazovka je v súčasnej dobe už nainštalovaná priamo nad linkou (viď obr. č. 27). Je určená ako vizualizačné zariadenie pre operátorov pracujúcich a obsluhujúcich linku. Týmto krokom sa chce dosiahnuť aj motivovanie operátorov pracujúcich na linke pri výrobe. Samotná plazmová obrazovka je napojená na PC ako externý monitor. U tejto vizualizačnej pomôcky sa musí doriešiť už len prepojenie obrazovky s PC, a to z dôvodu neustáleho prehadzovania napájacej šnúry od monitora na PC na obrazovku. Na odstránenie tohto problému som sa v spolupráci s programátorom firmy zhodol na tom, že najjednoduchším riešením bude zakúpenie novej grafickej karty „ATI Sapphire HD 4350 256MB (64) pasiv 1 x DVI HDMI“ ktorá má dva výstupy na pripojenie monitora a súčasne aj plazmy cez DVI konektor.

DVI je digitálne vizuálne rozhranie, ktoré umožní digitálne prepojenie s externým monitorom, plazmou a inými zariadeniami.





Obr. č. 26 OEE Vorne board.



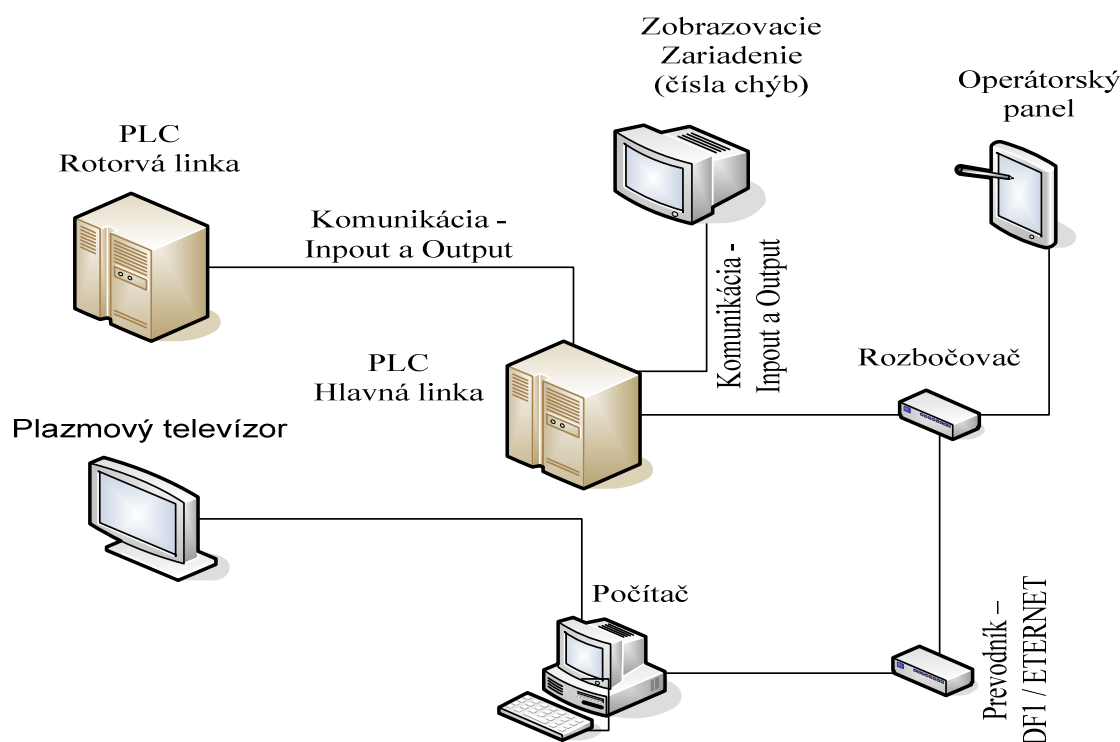
Obr. č. 27 Širokouchlý plazmový televízor.

Tab. č. 1 Výhody a nevýhody OEE Vorne board a plazmovej obrazovky

OEE Vorne board	Širokouchlý plazmový televízor
	
Výhody	Výhody
– nepotrebuje na sledovanie premenných ďalší hardware,	– sleduje všetky nadefinované premenné,
– nie je potrebný žiaden špeciálny software na sledovanie daných ukazovateľov,	– znázorňuje grafy, tabuľky, hodnoty,
Nevýhody	Nevýhody
– nie je flexibilný,	– systém zobrazovania zložený z PC, softwaru RUNTIME a plazmy,
– sleduje maximálne 6 premenných,	– nutná licencia softwaru na získavanie dát z linky,
– nedokáže zobrazovať okrem hodnôt žiadne iné grafické zobrazenia,	Cena: Plazma – 13 000Kč RUNTIME – 10 000 Kč PC – 3 000 Kč
Cena OEE boardu celkom: 65 000Kč	Cena celkom: 26 000 Kč

Spoločnosť CTS si veľmi zakladá na vizualizácii, a to z dôvodu rýchlej reakcie na aktuálny stav linky, rozpoznávanie problémov na linke a v neposlednom rade prezentovanie svojich výsledkov do celého sveta.

Ďalším hardwarovým prostriedkom, ktorý bol navrhnutý, je operátorský panel, na ktorom by sa zadávali všetky prestojky, ktoré by vznikli počas zmeny a zaznamenávali by sa priamo do PC, ktorý je pripojený na linku 4v1. Všetky informácie o zmenách na hardvare PanelView 300 Micro sú uvedené v kapitole 5.2.



Obr. č. 28 Úplný hardwarový stav linky 4v1.

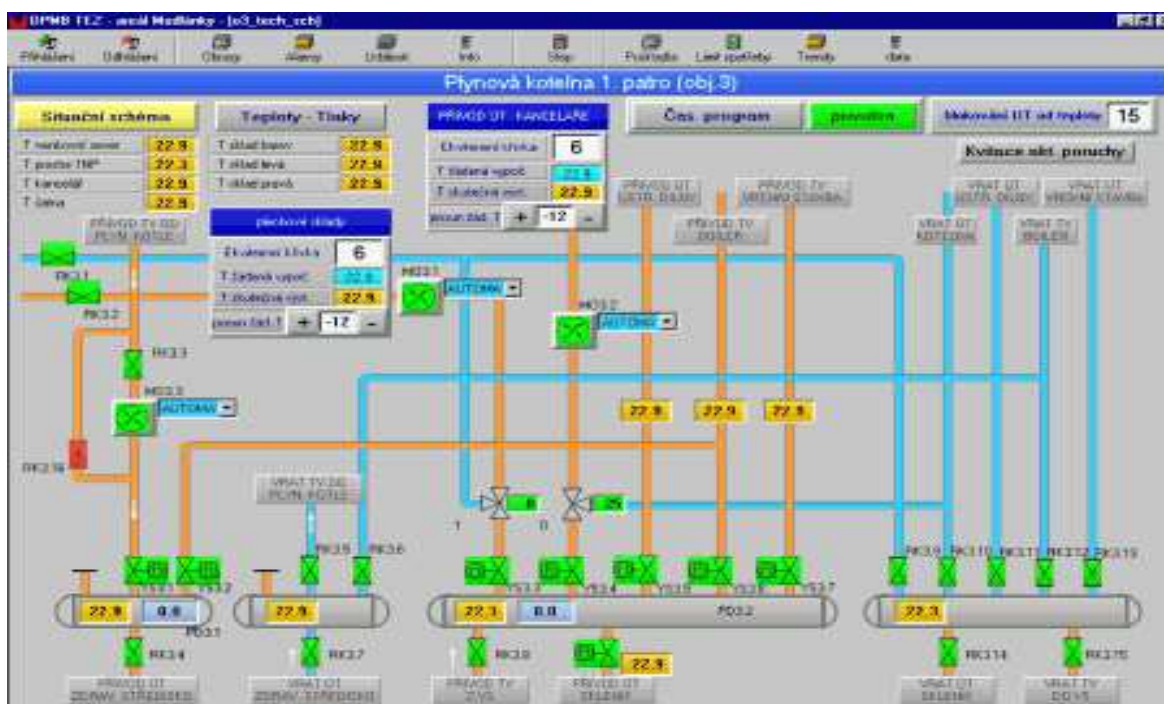
5.2 Software na zaznamenávanie prestojov

V tejto podkapitole je popísaný program, v ktorom sa v spolupráci programátorom vytvára celá sledovacia databáza linky 4v1. Tento software už bol v spoločnosti používaný na pedálovej linke. Ako software sa využíva program Promotic. Promotic je komplexný SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) objektový softwarový nástroj pre tvorbu aplikácií, ktoré monitorujú, riadia a zobrazujú technologické procesy v najrôznejších oblastiach priemyslu.

- Promotic:
- je určený pre OS Windows7/XP/2000 a novšie verzie,
 - umožňuje efektívne vytvárať distribuované a otvorené aplikácie,
 - využíva sa v najrôznejších odvetviach priemyslu,
 - určený vývojovým pracovníkom a projektantom na projektovanie,
 - dovoľuje vytvárať aplikácie presne podľa požiadavky,

V systéme Promotic sú zabudované všetky nevyhnutne nutné komponenty pre tvorbu jednoduchých, ale aj rozsiahlych vizuálnych a riadiacich systémov:

- Editor aplikácie je základným nástrojom tvorby aplikácie systému PROMOTIC. Služi na definovanie stromovej štruktúry Promotic objektov a ich nastavení, pri definovaní algoritmov a podobne. Stromová štruktúra je vytváraná pomocou myši v „okne stromu objektov“ (okno v ľavo). K nastaveniu jednotlivých objektov slúži „okno definície objektov“ (okno v pravo).



Obr. č. 29 Editor aplikácie Promotic a jeho vývojové prostredie. [Promotic]

- Programovacím jazykom Promoticu je Microsoft Basic (VBScript) pre zápis algoritmov.
- Editor obrázkov.
- Automatická konverzia obrázkov do HTML a XML formátu.
- Systém trendov (uchováva hodnoty s časovou zámkou, vytváranie grafov zo sledovaných údajov).

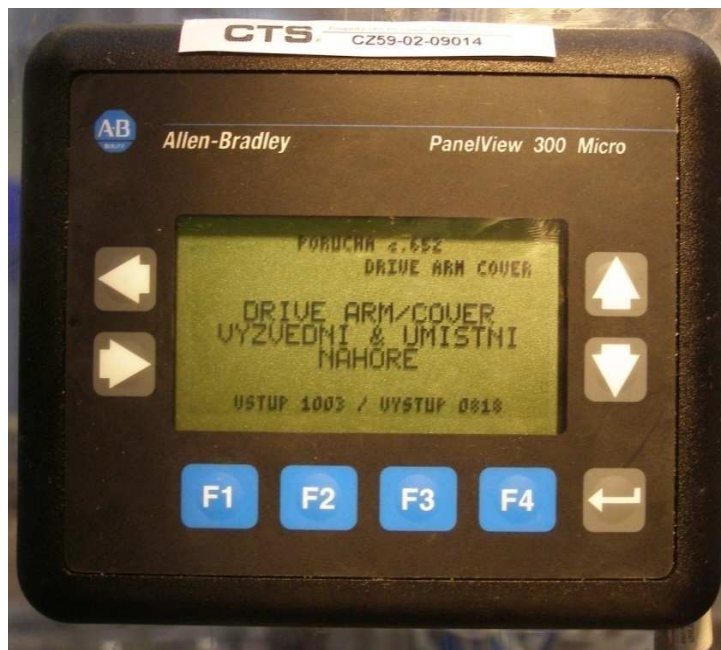
- Systém alarmov a operátorských udalostí.
- Podpora web technológií Internet / Intranet.
- Komunikačný prístup k PLC.
- a ďalšie možnosti. [Promotic].

PanelBuilder – je software, ktorý obsahuje veľké množstvo nástrojov na tvorbu aplikačných obrazoviek, správu alarmov, atď.

Po konzultáciách so zainteresovanými pracovníkmi spoločnosti sa rozhodlo o využití už nainštalovaného panela PanelView 300 Micro od výrobcu Allen – Bradley. Tento operátorský panel slúžil len na slovný rozpis kódu jednotlivých chýb, ktoré zobrazuje display na linke 4v1. V spolupráci s programátorom sa do tohoto panela naprogramovalo ďalšie rozhranie, kde boli zadefinované najčastejšie sa vyskytujúce prestoje, ktoré sa počas procesu objavujú. Na zadávanie prestojov do operátorského panela som vytvoril manuál, ktorý ostal vo firme pod názvom „Pracovné inštrukcie na PanelView 300 Micro“. V programe PanelBuilder bola vytvorená základná schéma zadávania prestojov. Všetky naprogramované prestoje boli programované podľa tab. č. 2.

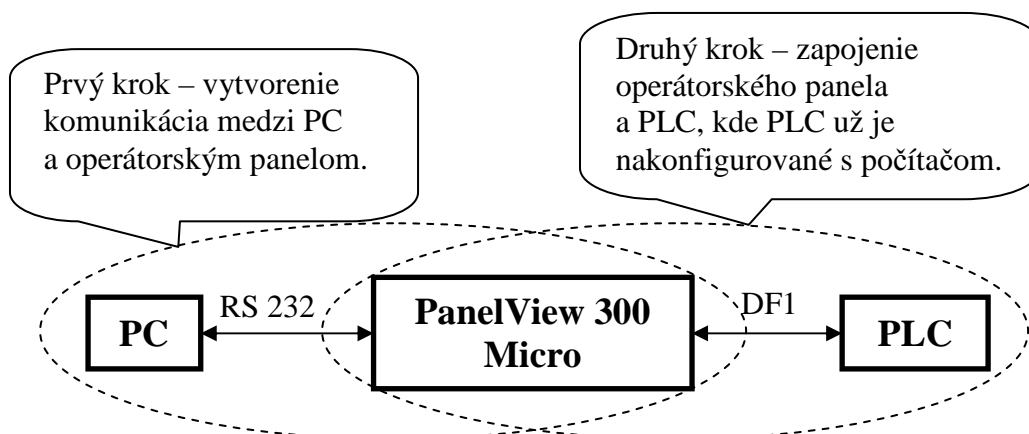
Tab. č. 2 Menu pre zadávanie prestojov na operátorskom paneli na linke 539/542/561/568.

Poruchy stroja – F1	Porucha hlavnej linky – F1	Porucha linky rotora – F2	Skener – F3 (zlý index)	Ostatné – F4
Oprava – nastavenie stroja – F2	Oprava skeneru – F1	Oprava dátumu – F2	Oprava Welderu – F3 (zváračka Branson)	Ostatné – F4
Kontrola na linke – F3	PC operátor – F1	Resken – F2	Audit – F3 (kontrola kusu)	Ostatné – F4
Organizačné dôvody – F4	Príchod z inej linky, alebo z prestávky – F1	Zmena pozícií operátorov – F2	Nie je vstupný materiál – F3	Ostatné – F4



Obr. č. 30 PanelView 300 Micro.

Po naprogramovaní PanelView 300 Micro sa pomocou softwaru PanelBuilder naprogramovala celá komunikácia medzi operátorským panelom, Pc a PLC.



Obr. č. 31 Schéma postupného programovania jednotlivých hardwarov linky 4v1.

Vytvoril sa tak kompletný systém na elektronické zadávanie prestojov pomocou PanelView 300 Micro. Celý systém je naprogramovaný tak, aby v prípade vzniknutej poruchy sa rozsvietilo červené svetlo, ktoré signalizuje problém. Na displeji operátorského panela sa nám zobrazí, v akom stave sa linka nachádza. Po odstránení daného stavu sa nám na displeji zobrazia možnosti, prečo tento problém nastal (viď tab. č. 2, stĺpec prvý).

Po odznačení prestoja sa nám zobrazia ďalšie možnosti, ktoré nám spresňujú kvôli čomu, alebo kde nastal daný problém v danom prestoji.

Po odznačení chyby je linka pripravená na chod. Ak sa však do 30-tich sekúnd nespustí, tak sa zablokuje a operátor musí opätovne zadať príčinu, prečo linka nejde.

Ďalším opatrením je, že v prípade, ak je linka v poriadku a PLC nezaznamenalo počas 30-tich sekúnd vyrobený žiaden kus, tak sa linka zablokuje a operátor musí opäť zadať dôvod, prečo sa nevyrába, keď linka nezaznamenala žiadnu poruchu. Aby sa operátori nemohli vyhovárať na poruchu linky, tak som spravil opatrenie, že pri takýchto situáciách sa na operátorskom paneli zobrazia len auditné a organizačné prestoje. Je to aj z dôvodu, aby sa nemohli operátori vyhovárať na neskorý príchod údržby.

Prínosom je aj obmedzenie chýb spôsobených ľudským faktorom. Uvediem príklady:

Príklad č.1

Nastane porucha, príde údržba a za 5 minút poruchu odstráni, ale operátori zapíšu 10 minút, to znamená 5 minútový prestoj, čo má za následok zníženie dostupnosti linky a o 40 kusov menej vyrobených výrobkov a zníženie celkového OEE.

Príklad č.2

Zapisovanie početnosti chýb. Nie vždy sú presne zaznamenávané početnosti jednotlivých chýb počas celej zmeny. Operátori strácajú pozornosť a môže dochádzať k chybám, ktoré sa už niekoľko krát opakovali a operátori ich zaznačili menej alebo prípadne viac a tieto udalosti sa nedali dokázať počas vytvárania OEE v papierovej podobe.

5.3 Návrh na sledovanie OEE na montážnej linke 4v1

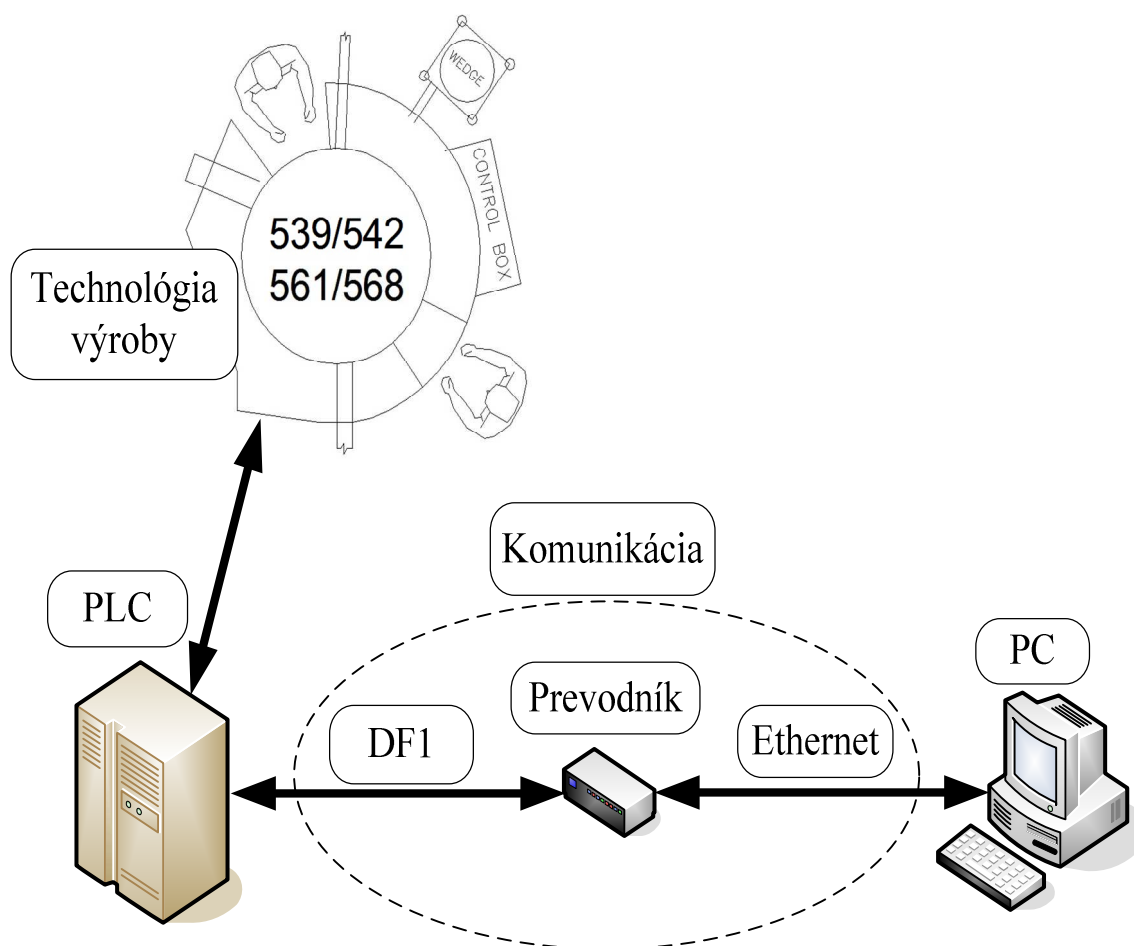
V spolupráci s pracovníkmi z CTS a z práce, ktorú som u tejto firmy vykonával, som sa veľmi dôverne zoznámil s problémom sledovania dát a aké je práčne tieto dáta získavať čo najpresnejšie. Na báze získaných poznatkov boli vytvárané a navrhované jednotlivé prevedenia sledovaných veličín. Všetky moje návrhy boli konzultované s viacerými pracovníkmi v spoločnosti.

5.3.1 Prepojenie PC s PLC počítačom a vznik výstupných operátorských obrazoviek v programe Promotic

Prepojenie PLC so softwarom Promotic sa previedlo pomocou už zmieňovaného softwaru RSLinx. Prostredníctvom RSLinx sa nastavila komunikácia medzi PLC a Promoticom. Ďalšie nastavenie prebiehalo v prevodníku. Tu sa musela nastaviť IP adresa, prostredníctvom ktorej dokázal prevodník komunikovať s PC cez Ethernet.

Zobrazenie komunikácie medzi PLC a PC

PLC – prevodník – PC.

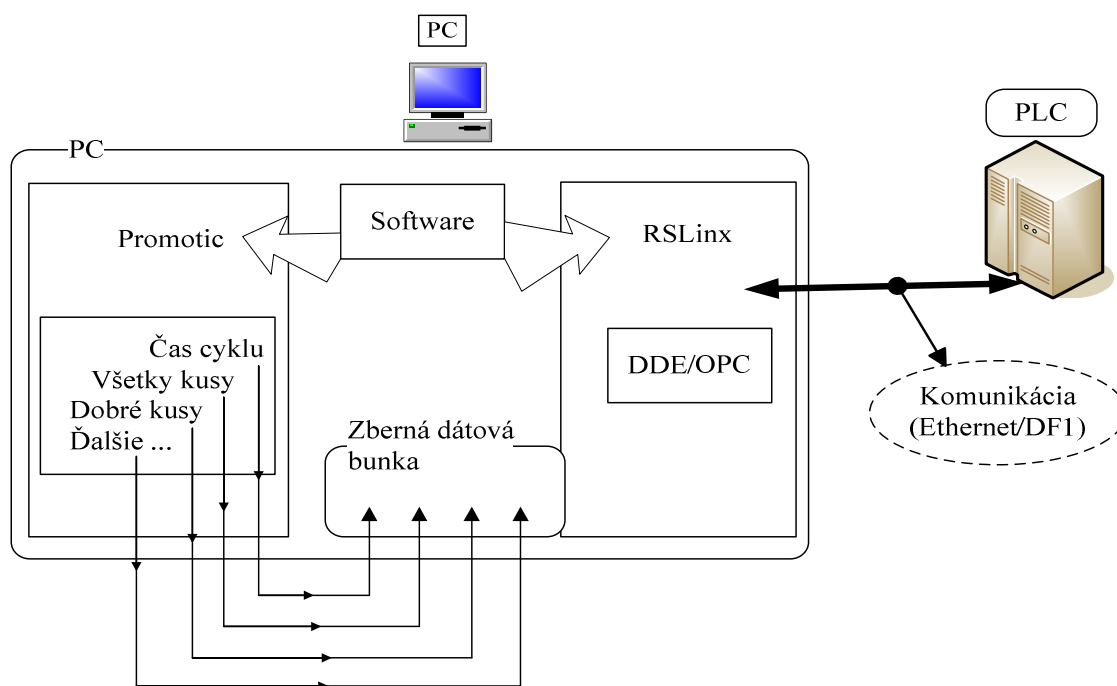


Obr. č. 32 Schéma komunikácie medzi PLC a PC pomocou prevodníka.

Toto zapojenie sa dá ľahko popísať ako obáľkový systém, v ktorom prevodník má úlohu nejakého prekladateľa. To znamená, že počítač pošle obálku s dopisom písaným v španielčine PLC. Problémom je, že PLC rozumie iba anglickému jazyku.

Preto sa tento dopis pošle najskôr do prevodníka, ktorý tento dopis preloží zo španielskeho jazyka do anglického a pošle ho do PLC počítača, ktorý už daný jazyk pozná. Takto to funguje aj z opačnej strany, keď PLC posiela výstupné signály, ale aby ich počítač vedel spracovať, musí ich najskôr prevodník previesť do iného kódu (DF1/Ethernet). Prevodník je zariadenie, ktoré ovláda dva komunikačné protokoly, čiže je to prevodník s dvojkomunikačným protokolom.

Najdôležitejšou časťou je prepojenie vytvorenej aplikácie v programe Promotic, čo na vytvorenie automatického zberu dát a monitorovania linky. Na obr. č. 32 je znázornená komunikácia medzi jednotlivými zariadeniami a ich obslužným softwarom.

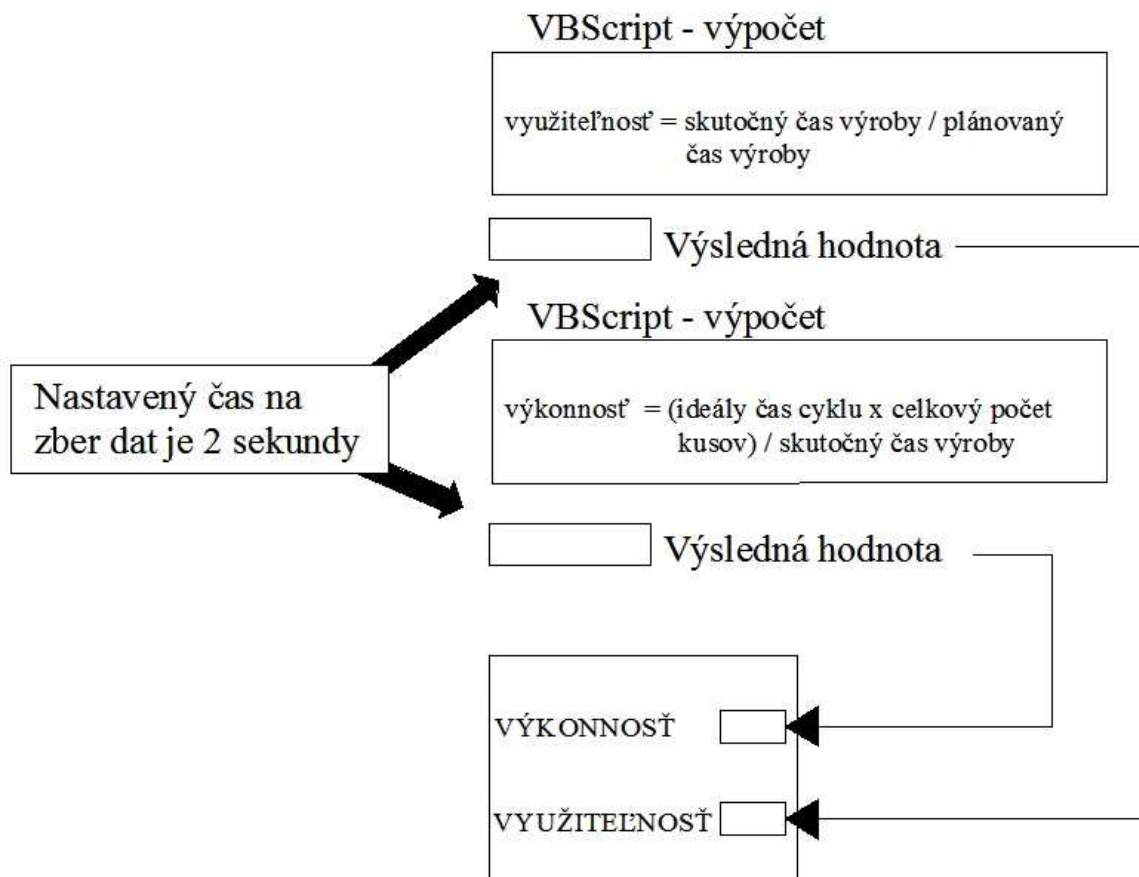


Obr. č. 33 Schéma komunikácie programu Promotic a PLC počítača.

Na obr. č. 33 je znázornené prepojenie zberu dát do PC z PLC a to pomocou vytvorených aplikácií, na vytvorenie samotných výstupných operátorských obrazoviek (viď obr. č. 33).

Komunikačný software RSLinx vytvorí „zbernú dátovú bunku“ do ktorej preklápa všetky údaje, ktoré sme zadefinovali sledovať PLC. OPC umožňuje preberať jednotlivé hodnoty (premenné) z jedného aplikačného programu do druhého (napr. preklápanie dát z Excelu do Wordu).

Pomocou OPC program Promotic a v ňom nadefinované jednotlivé premenné si ľahšie nájdú cestu ku zhromaždeným hodnotám v „zbernej dátovej bunke“ softwaru RSLinx.



Obr. č. 33 Programovanie v programe Promotic pomocou programovacieho jazyka VBScript.

Po programovaní v programovacom jazyku VBScript sa získali jednotlivé dáta, s ktorými sme potrebovali operovať a aby sme vo vývojovom prostredí programu Promotic boli schopní vytvárať jednotlivé výstupné operátorské obrazovky (ďalej už len VOO).

5.3.2 Vlastná vizualizácia OEE

Inšpiráciou na vizualizáciu OEE na plazmovej obrazovke mi bol OEE Vorne board. Pri navrhovaní vizualizačných skript bolo nutné dávať pozor, aby nedošlo k zahlteniu obrazovky dátami na plazmovú obrazovku. Na plazmovú obrazovku sa posielali len tie najnutnejšie dáta tak, aby bola celá obrazovka prehľadná.

Bralo sa na zreteľ aj to, že plazmový televízor je približne v trojmetrovej výške a zadané hodnoty musia byť vidieť aj z väčšej vzdialenosti. Obr. č. 27, kde je plazma s pozadím OEE, bola vyfotografovaná až po naprogramovaného OEE.

Ako prvé sa naprogramovali vzorce na výpočet celkového OEE a jeho jednotlivých položiek, z ktorých je OEE počítané (viď obr. č. 35).

Parametry OEE

OEE:

$$OEE = VYUŽITELNOST \times VÝKONNOST \times KVALITA = (21.8 \times 96.8 \times 95.4) / 10000 = 20.1 \%$$

Nastavení: Ideal OEE: 70 %

VYUŽITELNOST:

$$VYUŽITELNOST = \frac{SKUTEČNÝ \ ČAS \ VÝROBY \ (min.)}{PLÁNOVANÝ \ ČAS \ VÝROBY \ (min.)} = \frac{67.1}{307.9} = 21.8 \%$$

Nastavení: Plánovaný čas výroby: 430 min. Ideal Využitelnost: 85 %

VÝKONNOST:

$$VÝKONNOST = \frac{IDEÁLNÍ \ ČAS \ CYKLU \ (s) \times CELKOVÝ \ POČET \ KUSU}{SKUTEČNÝ \ ČAS \ VÝROBY \ (s)} = \frac{7.20 \times 541.0}{4026.0} = 96.8 \%$$

Nastavení: Ideální čas cyklu: 7.20 s Ideal Výkonnost: 85.00 %

KVALITA:

$$KVALITA = \frac{POČET \ DOBRÝCH \ KUSU}{CELKOVÝ \ POČET \ KUSU} = \frac{516.0}{541.0} = 95.4 \%$$

Nastavení: Ideal Kvalita: 85 %

Nastavení: Počet kusů na směnu: 2100 ks

Obr. č. 35 Servisné parametre OEE.

Táto VOO nie je zobrazovaná na plazmovej obrazovke, a to z dôvodu, že slúži na prepočítavanie podľa potreby výroby. Je to z dôvodu, že zákazník si určuje čas cyklu linky, čiže koľko kusov chce vyrobiť za zmenu a podľa toho si dokážeme vypočítať a nastaviť čas cyklu.

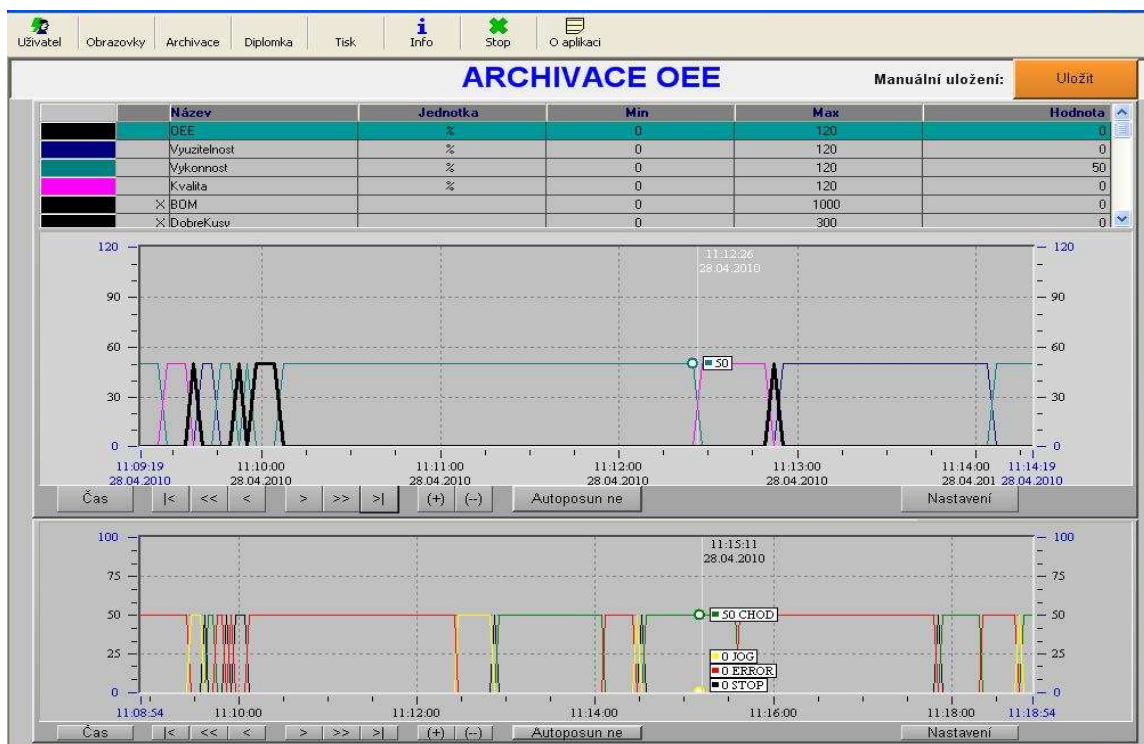
OEE obrazovka je zobrazovaná aj operátorom na linke, aby mali možnosť sledovať svoje výkony počas zmeny (viď obr. č. 36).



Obr. č. 36 VOO OEE.

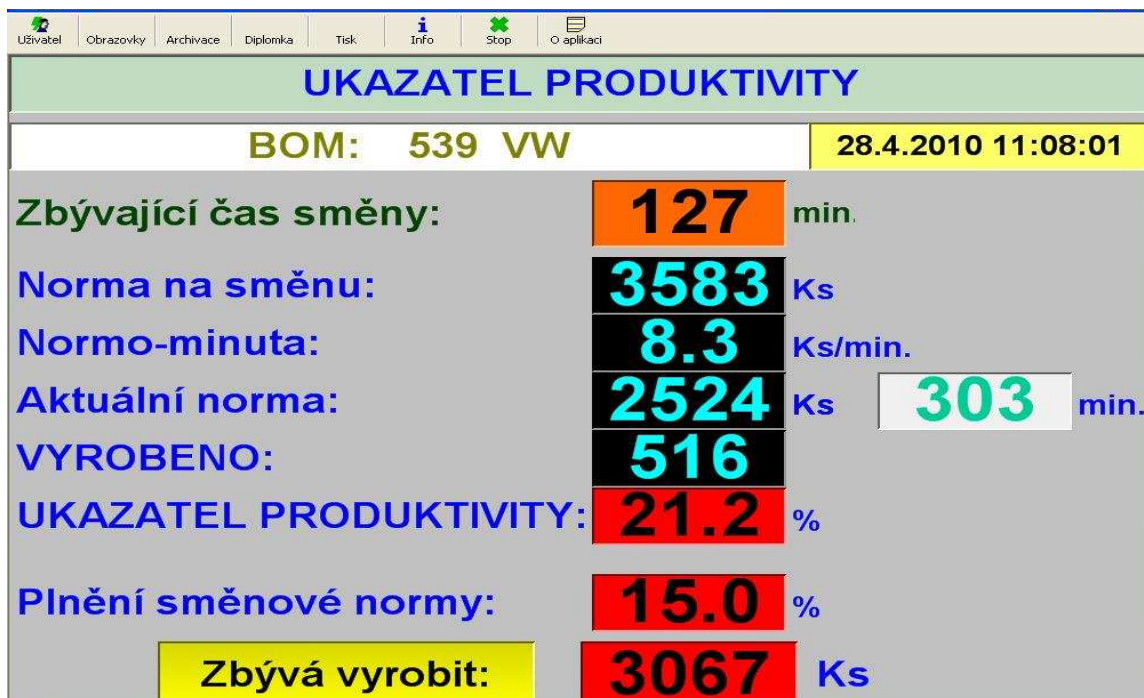
Na tejto VOO sú všetky hodnoty podfarbené dvoma farbami, červenou a čiernou. Využitelnosť a OEE sú podfarbené červenou farbou z dôvodov nesplnenia noriem, kde OEE je v poriadku, ak sa nachádza nad 85% a využitelnosť (dostupnosť) linky by mala byť počas celej zmeny konštantná na 100%. Čas cyklu linky neodpovedá nastavenému času cyklu linky, preto je hodnota skutočného času inak sfarbená ako plánovaný čas cyklu.

Následne sa naprogramovala archivácia OEE a vytvorila sa aj grafická VOO, ktorá nám zobrazuje jednotlivé ukazovatele a OEE, celkové OEE a stav linky, čiže v akom režime sa linka práve nachádza. Celá archivácia OEE je zobrazená na obr. č. 37.



Obr. č. 37 Archivácia OEE.

Ďalším významným sledovaným ukazovateľom na linke je produktivita (viď obr. č. 38).

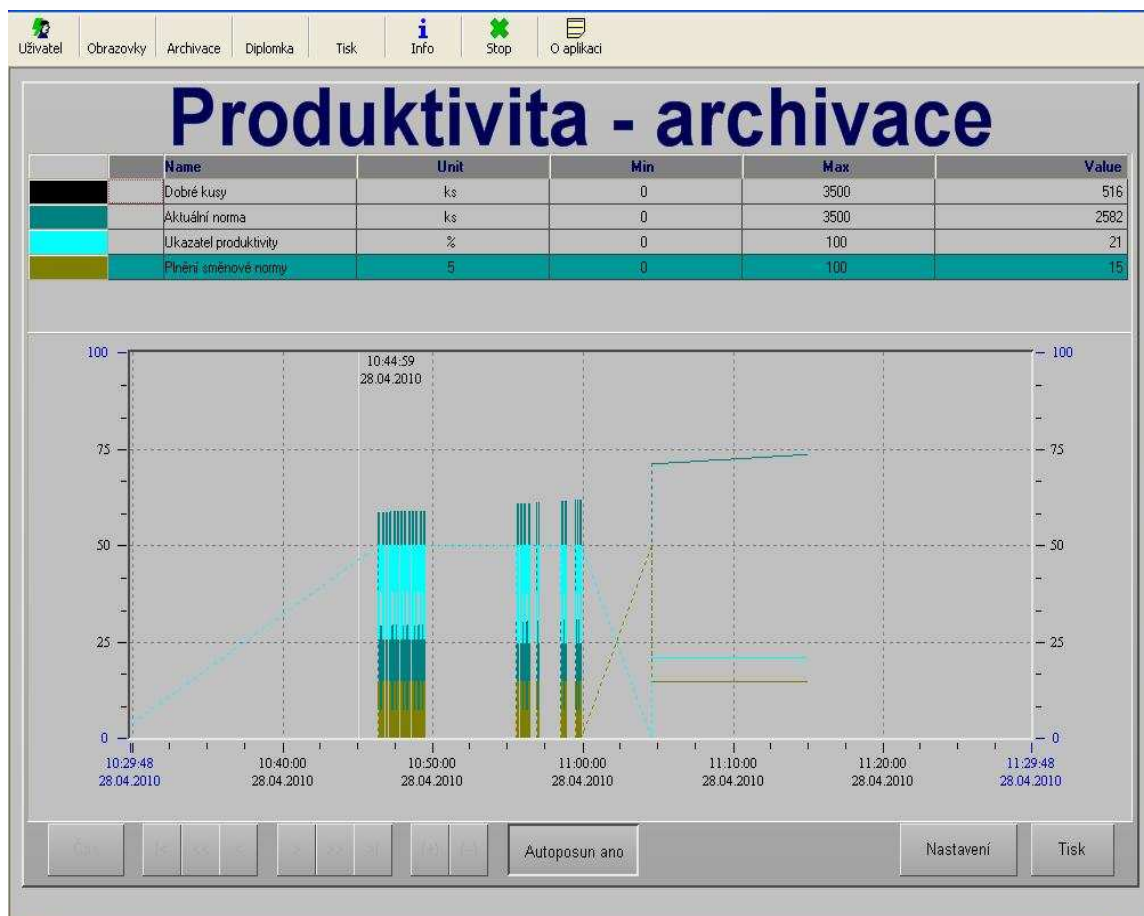


Obr. č. 38 VOO - produktivita.

Táto VOO bola vytvorená na prepočet počtu kusov za zmenu podľa normomínút. Bola vytvorená z dvoch dôvodov:

1. Slúži k okamžitému zisteniu, koľko je vyrobených kusov a koľko kusov treba vyrobiť do konca zmeny.
2. Motivovanie pracovníkov.

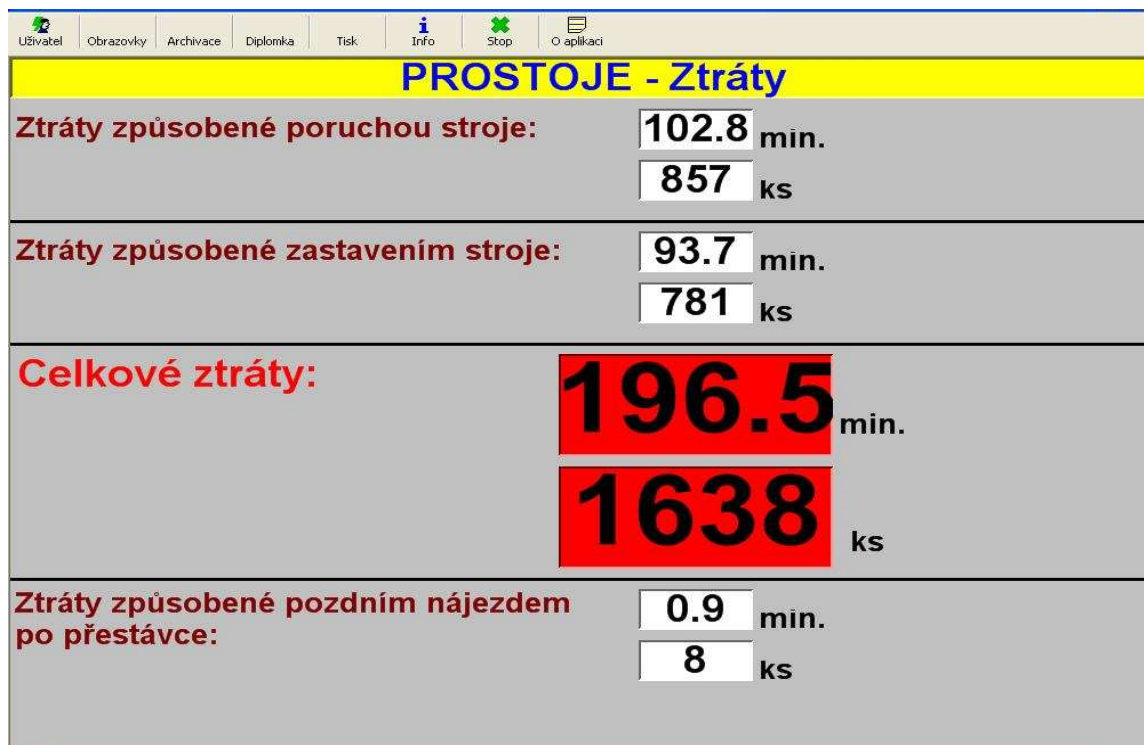
Produktivita ako samotný ukazovateľ by mala počas zmeny rovnomerne narastať od počiatku zmeny, kde by bola na nule, až na koniec zmeny, kde by bola na 100%. Produktivita na montážnej linke sa sleduje aj v grafickej podobe v programe Promotic (viď obr. č. 39).



Obr. č. 39 Graf produktivity počas zmeny na montážnej linke 4v1.

Ďalšou vizualizačnou pomôckou je znázornenie prestojov – jedná sa o straty vzniknuté počas zmeny z rôznych príčin a tieto príčiny sú kumulované za celú zmenu. Sú tu zahrnuté straty stroja, ale aj straty spôsobené ľudským faktorom.

Všetky vzniknuté straty sa prepočítavajú na počet vyrobených kusov. Vizualizácia týchto prestojov negatívne motivuje aj operátorov, a to z dôvodu, že čím viac strát na linke, tým menšie OEE a na základe OEE zároveň menšie prémie. Prestoje – straty (vid' obr. č. 40).



Obr. č. 40 VOO prestojov a strát.

Pre potreby pracovníkov, zaoberajúcich sa kvalitou, bol naprogramovaný rozpis jednotlivých prestojov, ktorý musel obsahovať rovnaké premenné ako naprogramovaný operátorský panel PanelView 300 Micro. Ako je možné vidieť na obr. č. 40, zadali sme aj monitorovanie počtu výskytov, tzn., koľko krát sa na danom mieste daná chyba zopakuje počas zmeny. Tieto prestoje sú navrhnuté tak, aby čo najmenej zdržiavali operátorov. Preto sa v programe Promotic okrem týchto základných prestojov naprogramovalo sťahovanie aj kódov chýb, ktoré nie je nikde, okrem archívnej databázy, vidno a je to z dôvodu, že napríklad na hlavnej linke sa môže podľa manuálu vyskytnúť až 30 chýb v kódovom prevedení a ak by mal operátor hľadať správny číselný kód, trvalo by to príliš dlho a dochádzalo by k zdržiavaniu. Preto by sa vytvorili určité skupiny chýb s tým, že pri označení danej skupiny sa zapíše do archívnej databázy aj príslušný kód, ktorý nastal. Uchovávanie týchto kódov nám pomáha ľahšie identifikovať presnú príčinu, prečo linka stála a pri opakovateľnosti tej istej chyby sa zistí kritické miesto linky a nastáva možnosť daný problém odstrániť.

V prípade, že ak sa nejedná o prestoje z dôvodu poruchy, tak vďaka tomuto presnému sledovaniu linky sa môže lepšie zorganizovať dodávanie materiálu na linku, prípadne odstrániť ďalšie organizačné prestoje.

PROSTOJE Linky 539/542/561/568

Aktuální délka odstavení stroje: 0.0 min. 0 s

Poslední důvod a čas odstavení stroje: text 0 min. 0 s

Porucha stroje:

	ČAS	ČETNOST:
F1 Porucha na hlavní lince:	0 min.	0
F2 Porucha na lince rotorů:	0 min.	0
F3 Scanner: špatný index:	0 min.	0
F4 Ostatní:	0 min.	0

Oprava - seřízení stroje:

	ČAS	ČETNOST:
F1 Oprava / Seřízení scanneru:	0 min.	0
F2 Oprava / Seřízení datumu:	0 min.	0
F3 Oprava / Seřízení Welderu:	0 min.	0
F4 Ostatní:	0 min.	0

Kontrola na lince:

	ČAS	ČETNOST:
F1 PC operátor:	0 min.	0
F2 ReScan:	0 min.	0
F3 Audit - kontrola kusu:	0 min.	0
F4 Ostatní:	0 min.	0

Organizační důvody:

	ČAS	ČETNOST:
F1 Příchod z jiné linky nebo přestávky:	0 min.	0
F2 Změna pozic operátorů:	0 min.	0
F3 Není materiál:	0 min.	0
F4 Ostatní:	0 min.	0

Celkem: 0 min.

Obr. č. 41 VOO prestojov.

Pre operátorov boli v rámci vizualizácie vytvorené alarmy (tzv. hlásiče). Jedná sa o jednoduché malé okienka, ktoré sa objavajú pri zastavení linky. Tieto okná vyskakujú v momentoch, ako sú prestávky, chyby, alebo vyskočí čas, ktorý nám ukazuje, ako dlho už je linka v poruchovom stave.

Dĺžka zmeny operátorov je 480 minút, kde čistý pracovný čas na linke činí 420 minút. Ostávajúcich 60 minút je rozvrhnutých na oddych a prípravu pracoviska počas zmeny. V týchto 60 minútach je zahrnutá 30 minútová povinná prestávka (všetky prestávky uvediem v časoch pre rannú zmenu: obed (10:30 – 11:00), potom 2 x 5 minútová ergonomická prestávka pre operátorov (8:00 – 8:05; 12:00 – 12:05) a 2 x 10 minútová, a to na prípravu linky na výrobu a na ukončenie výroby a upratanie pracoviska (6:00 – 6:10; 13:50 – 14:00). Na každú uvedenú prestávku boli vytvorené hlásenia o prestávke, ktoré operátorom zobrazujú čas do konca prestávky.

Ak operátori prídu na pracovisko po vypršaní prestávky, už sa im to monitoruje ako neskorý príchod na pracovisko a znižuje sa im čas strávený na pracovisku a z toho budú plynúť následné opatrenia.

Pri vytváraní tohoto systému monitorovania a automatického zberu dát som sa snažil o odstránenie všetkých nepotrebných prestojov. Avšak, až dlhšia prax monitorovania ukáže čo na vytvorenom sledovacom systéme bude treba ešte dopracovať a prepracovať, aby bol plne funkčný a uspokojil všetkých pracovníkov, ako operátorov, tak aj manažérov.

6 Zhodnotenie vlastného návrhu

Na začiatku pri spracovávaní mojej diplomovej práce mi bola podaná požiadavka na odstránenie ručného zápisu OEE a navrhnutie a vytvorenie automatického zberu dát a sledovania montážnej linky 4v1. Výsledkom mojej snahy a práce, praktických skúseností v spoločnosti CTS a štúdia teoretických poznatkov, bolo navrhnutie a zrealizovanie riešení, ktoré riešia danú situáciu práve na danom pracovisku.

Celý návrh na zefektívnenie vychádza z poznania skutočného stavu na pracovisku a jeho potrieb zefektívniť celé sledovanie linky a zber potrebných dát.

Podstatou môjho návrhu je vytvorenie elektronického prepojenia montážnej linky 4v1 a PC, a to z dôvodu automatického sledovania dát a vytvorenia aplikácií v programe Promotic, ktorý vyhodnocuje jednotlivé dáta a sleduje konkrétne dianie na linke. Pomocou tohoto programu sa odbúra zdržiavanie pracovníkov, ktorí sa musia venovať dôležitejšej práci, ako ručne prepisovať OEE formuláre do počítača a následne ich neustále prepočítavať.

Ak sú informácie prístupné všetkým zainteresovaným členom, ktorí pracujú s jednotlivými dátami, tak nevzniká zdržiavanie a čakanie na kolegov, kedy im poskytnú dané informácie. Rovnako sa nebudú už s papierovou formou zdržiavať ani operátori na montážnej linke.

Navrhnuté riešenie môže byť aplikované aj na ďalších linkách. Všetky návrhy, ktoré som podal v tomto procese, boli konzultované s konkrétnymi pracovníkmi spoločnosti CTS, aby nedošlo k vytváraniu zbytočných aplikácií a prínos automatického zberu dát bol opodstatnený.

Väčšinu návrhov sa podarilo už v procese zrealizovať. Vytvorila sa aj archivácia všetkých sledovaných veličín, ktoré sú kedykoľvek prístupné kompetentným pracovníkom, a tým sa odstráni skladovanie papierovej formy.

Všetky podané, vytvorené a v diplomovej práci popísané návrhy splnili svoj účel vytvorenia automatického sledovania a zberu dát na danej montážnej linke, ktorá mi počas celej diplomovej práce bola typovým reprezentantom na pracovisku.

Ďalšími ešte nerealizovanými návrhmi, na ktoré som počas pôsobenia a spracovávanía diplomovej práce prišiel boli tieto:

Prvý návrh spočíva v zavedení čítačky kariet na linke 4v1. Čo sa týka tohoto návrhu, nie je jeho zavedenie veľmi zložitý, ale predstavuje ďalšiu finančnú investíciu. Prevedenie zapojenia čítačky kariet s PC je pomocou sériového portu. Aby sme mohli sledovať OEE, ale aj príchody a odchody operátorov z linky 4v1, použijeme na prepojenie čítačky kariet a PC software Promotic. Táto komunikácia je obojstranná, aj keď by sa dalo povedať, že PC len prijíma signály a čítačka ich vysíla. V tomto zapojení sa čítačka kariet správa ako master (hlavný hardware) a PC ako slave (vedľajší hardware).

Software Promotic má na takéto účely vlastný protokol, v ktorom s podobnými zariadeniami komunikuje. Prínos tejto čítačky kariet vidím v tom, že si vždy každý majster jednoduchým spôsobom zistí, kto pracoval na danej zmene. Ďalší prínos by bol aj v tom, že vieme koľko hodín operátori za zmenu trávajú na pracovisku. Podľa toho by sa aj mohli určovať odmeny v prémiech pracovníkov za čas strávený na pracovisku a zároveň tým aj od prevedeného výkonu.

Druhým nerealizovaným návrhom je zriadenie servera. Takéto zariadenie by poskytovalo možnosť ukladania všetkých dát zo všetkých liniek na jednom mieste, ktoré by boli „online“ použiteľné pre potreby manažmentu a ďalších kompetentných pracovníkov.

Nakoniec navrhujem „online“ sledovanie linky z pozície a pracoviska manažmentu, aby pri zistení problému nemusel daný pracovník ísť k linke a zisťovať, čo sa deje, ale cez „online“ prevedenie by si mohol zistiť, v akom stave sa linka práve nachádza, prípadne by získaval aktuálne informácie o výrobe. V neposlednom rade by si mohli pracovníci sťahovať aktuálne informácie pre svoje potreby.

Záver

Cieľom mojej diplomovej práce bolo vytvoriť kompletný sledovací systém a vytvorenie systému automatického zberu dát z montážnej linky 539/542/561/568, známej pod názvom 4v1. Všetky podané návrhy na prevedenie zefektívnenia vychádzali z mnou prevedenej analýzy výrobného procesu a na základe konzultácií so zodpovednými vedúcimi z oblasti kvality a programovania a operátormi montážnej linky v spoločnosti CTS Cech Republic, s.r.o.

V prvej kapitole mojej diplomovej práce som popísal históriu spoločnosti CTS Corporation, a to od jej vzniku až po súčasnosť, kde som ďalej predstavoval už len jednu z jej dcérskych spoločností, a to CTS Czech Republic, s.r.o.

Po preštudovaní odbornej literatúry boli vo všeobecnej charakteristike riešeného problému popísané jednotlivé základné pojmy ako OEE, montážny proces, montážna linka, čas taktu, čas cyklu a podobne. So všetkými vysvetľovanými pojmami som sa počas celej doby spracovávaní diplomovej práce stretával priamo v pracovnom procese.

Analýza súčasného stavu bola zameraná priamo na montážnu linku 4v1, kde som popisoval, aké druhy výrobkov sa na spomínanej linke vyrábajú a zároveň som popísal aj celú montážnu linku. Pracovný proces na linke 4v1 som popísal v prílohe č.2. Ďalej som sa venoval aj hardwarovému stavu linky, softwarovému stavu linky a spracovávaniu a vyhodnocovaniu OEE.

Po analýze súčasného stavu sa v diplomovej práci venujem návrhom na vytvorenie komplexného automatizovaného zberu dát z montážnej linky 4v1. Zameriaval som sa aj na prevedenie prepojení medzi jednotlivými zariadeniami, počnúc linkou, cez PC až k ostatným zariadeniam.

Všetky podané návrhy zhodnocujem a charakterizujem ich reálny prínos, ktorými som chcel doceliť odstránenie OEE formulárov, sledovanie a automatický zber dát z montážnej linky. K návrhom uskutočneným som pripojil aj ďalšie návrhy, ktoré by mali priniesť ďalšie zefektívnenie pre spoločnosť CTS, avšak ktoré ešte neboli zrealizované.

Každé odstránenie manuálnej práce a nahradenie jej nejakým automatizovaným systémom je pre podnik prínosom. S počiatku sú tieto systémy veľmi finančne nákladné, avšak dobre mierená investícia má veľmi rýchlu návratnosť. Automatizované sledovacie systémy sú pre podnik jedinou alternatívou, ako získať reálne hodnoty.

Zoznam použitej literatúry

- [B₁] BALS, J., TŮMA, M., GLASL, V., *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: ZÚ v Plzni, 2002. 140 s. ISBN 80-7082-936-2.
- [C₁] *CTS Automotive Products Overview*. Ostrava: CTS Czech Republic, 2009. 29 s.
- [C₂] *Locations*. [online]. 14. 02. 2010. [citovane 2010-02-14].
<URL: <http://www.ctscorp.com/locations/locations.htm>>.
- [C₃] *CTS guide to automotive sensors*. Ostrava: CTS Czech Republic, 2009. 27 s.
- [C₄] *CTS quality, solutions, expectations*. Ostrava: CTS Czech Republic, 2009. 24 s.
- [M₁] *MAGCentrum.sk* [online]. 06. 02. 2010. [citovane 2010-02-06]
<URL: http://www.magcentrum.sk/index_ob.php?page=lis>.
- [N₁] NOVÁK, J. *Organizace a řízení, přednášky*, VŠB – TU Ostrava, 2003/2004.
- [O₁] *Ergonómia*. [online]. 06. 02. 2010. [citovane 2010-02-06]
<URL: http://di.upjs.sk/informatika_na_zs_ss/studijny_material/it_spolocnost/ergonomia/ergonomia.htm>.
- [O₂] *OEE*. Ostrava: CTS Czech Republic, 2009. 24 s
- [O₃] *Organizácia montážneho procesu*. [online]. 04. 03. 2010. [citovane 2010-03-04]
<URL: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/10-2007/pdf/35-37.pdf>>.
- [P₁] PLURA, J. *Plánování a neustále zlepšování jakosti*. Vyd.1. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
- [P₂] *Pôdorys haly*. Ostrava: CTS Czech Republic, 2010. výkres dwg.

- [P₃] *Procesní struktura*. Ostrava: CTS Czech Republic, 2010. 24 s.
- [P₄] *Poka-Yoke – PRODUKTIVITA.CZ* [online]. 05. 02. 2010. [citovane 2010-02-05]
<URL: <http://www.produktivita.cz/cs/metody-pi/poka-yoke.html>>.
- [S₁] Soltow, H. J.: *A history of CTS Corporation 1896 – 1986*, Copyright 1988
CTS Corporation
- [S₂] Stupne automatizácie: [online]. 05. 02. 2010. [citovane 2010-02-05]
<URL: <https://skripta.ft.tul.cz/akreditace/data/2003-10-08/11-18-23.pdf>>.
- [S₃] *Štíhlá výroba*. Ostrava: CTS Czech Republic, 2009. 32 s.
- [S₄] *IPA Slovakia* [online]. 05. 02. 2010. [citovane 2010-02-05]
<URL: http://www.ipaslovakia.sk/Default.aspx?id=26&sub_id=0&pos=1>.
- [T₁] TOMEK, G., VÁVROVÁ, I. *Řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: Grada Publishing spol. s.r.o. 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1
- [U₁] *Ukazatelé štíhle výroby*. Ostrava: CTS Czech Republic, 2009. 17 s.
- [Z₁] *ZVYŠOVANIE PRODUKTIVITY MONTÁŽNEJ LINKY VYBALANSOVANÍM MONTAŽNÝCH STANÍC POMOCOU METÓDY YAMAZUMI* [online]. 05. 02. 2010.
[citovane 2010-02-05], <URL: <http://www.sjf.tuke.sk/transferinovacii/pages/archiv/transfer/13-2009/pdf/073-077.pdf>>.
- [V₁] *Výroba_2010_Duben_539_542_561_568*. Program Excel Ostrava:
CTS Czech Republic, 2009. 24 s
- [W₁] *Bill of materials – Wikipedia, the free encyclopedia* [online]. 05. 02. 2010.
[citovane 2010-02-05], <URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Bill_of_materials>.
- [W₂] *Ethertnet – Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 20. 04. 2010.
[citovane 2010-04-20], <URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Ethernet>>.

- [W₃] *Hardware – Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 20. 04. 2010.
[citovane 2010-04-20], <URL: [URL: http://cs.wikipedia.org/wiki/Hardware](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hardware)>.
- [W₄] *Software – Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 20. 04. 2010.
[citovane 2010-04-20], <URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Software>>.
- [W₅] *Software – Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 06. 02. 2010.
[citovane 2010-02-06]
<URL: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Vizualizace>>.

Zoznam príloh

1. Pracovní schéma výroby montážnej linky 539/542/561/568
2. Pracovní proces linky 539/542/561/568

Pod'akovanie

Vo svojej diplomovej práci by som chcel vyjadriť pod'akovanie vedúcej mojej diplomovej práce Ing. Ivane Šajdlerovej, Ph.D. za odborné vedenie, za cenné rady a pripomienky a hlavne za trpezlivosť, ktorú so mnou mala počas jej spracovávania. Ďalej sa chcem pod'akovať Ing. Ivanovi Širockému, Ing. Petrovi Gruberovi , Ing. Ludvíkovi Krausovi za ich odborné rady v rámci teoretických znalostí a ochotu poskytovať mi podklady a cenné rady i v oblasti praktickej. Na záver chcem vyjadriť pod'akovanie vedeniu spoločnosti CTS Czech Republic, s.r.o., ktoré mi umožnilo a povolilo spracovávanie diplomovej práce v ich spoločnosti.